



**Catarina Veríssimo Henriques da Cunha Céu**

Licenciada em Engenharia do Ambiente

## **Estudo para a requalificação da ETAR de Tornada**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia do Ambiente – Perfil de Sanitária

Orientador: Leonor Amaral, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Co-orientador: Rute Henriques, Engenheira do Ambiente,  
SMAS de Caldas da Rainha

Júri:

Presidente e Arguente: Prof. Doutor António Pedro Mano

Vogal: Prof. Doutora Rita Maurício

Vogal: Prof. Doutora Leonor Amaral



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2018**

[verso de Capa]

### **Estudo para a requalificação da ETAR de Tornada**

Copyright © Catarina Veríssimo Henriques da Cunha Céu, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## Agradecimentos

Quero agradecer aos meus pais, pois sem eles a minha vinda para a faculdade apenas tinha ficado no nível imaginativo, sem nunca chegar a ser realizada. Agora alcancei a meta final desta jornada: a dissertação. Sempre apoiada e aconselhada pelos mais próximos de mim, amigos chegados, colegas de curso e muitas horas de esforço e empenho, sempre a olhar para o fim da meta.

Para tal escolhi como minha orientadora a Professora Leonor Amaral, que sem ela a guiar-me sei que o pretendido estaria mais longe de ser alcançado.

Tenho que agradecer a forma calorosa como os Serviços Municipalizados de Caldas da Rainha me receberam e ajudaram na realização desta dissertação, dando destaque à Eng.<sup>a</sup> Rute Henriques, e ao Sr. Hélder Luís, pela sua inteira disponibilidade para ajudar com o tema da dissertação, bem como a receção magnífica que recebi, à Carmen Oliveira pela sua generosidade, ao Eng. Francisco Barroso pelos seus valiosos conselhos, ao Dário Tomé pelo modo fantástico e animado e ainda à Maria José Oliveira pelos mesmos motivos. Já para não falar do Sr. Eusébio Carvalho, que sempre se disponibilizou e me ajudou na ETAR de Tornada.

Colegas foram muitos o que vivenciaram comigo cada passo que dei em direção ao presente. Tenho especialmente que agradecer as minhas eternas companheiras de casa, Adriana Anísio e Maria Inês Santos.

Aos meus eternos colegas e amigos para todo o sempre da faculdade, com especial carinho à Margarida Lourenço, Cláudia Pinhal, André Pinto, Rita Viana e Madalena Meneses que acompanharam vivamente os meus últimos anos de faculdade.

A todos aqueles que, não tendo sido mencionados, de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.



## Resumo

A presente dissertação tem como foco principal o estudo da ETAR de Tornada, nomeadamente a avaliação do seu funcionamento, com identificação de problemas e aspetos condicionantes, assim como com proposta de diferentes soluções de melhoria.

A ETAR em questão, localizada no Município de Caldas da Rainha, é a segunda maior estação de tratamento explorada pelos SMAS de Caldas da Rainha, que face ao registo de diversas irregularidades tem a intenção futura de requalificar e ampliar as instalações existentes.

O sistema de tratamento da ETAR de Tornada, com um sistema de lamas ativadas em arejamento prolongado, é constituído por uma fase líquida, que inclui uma vala de oxidação e um decantador secundário, e por uma fase sólida que compreende leitos de secagem.

A avaliação exaustiva do modo de funcionamento contribuiu para detetar diversos fatores condicionantes ao seu bom funcionamento, tais como: o aumento da população servida, a afluência de infiltrações indevidas na rede de saneamento, o estado de degradação dos órgãos implantados e a ausência de um tratamento preliminar.

As principais recomendações sugeridas foram: (1) o desvio de caudal afluente à ETAR de Tornada, para a ETAR de Caldas da Rainha, sendo esta a principal ETAR do município; (2) a implementação de um tanque de retenção para o caudal afluente; (3) a implementação de uma linha de tratamento em paralelo à existente; e/ou (4) a implementação de uma linha de tratamento nova, no local da existente; e (5) a introdução de um tratamento preliminar, com implantação de uma obra de entrada.

Palavras-chave: água residual urbana, ETAR, vala de oxidação, leitos de secagem, sistema de arejamento prolongado, parâmetros de controlo.





## Abstract

The main objective of the present dissertation is the study of the Tornada WWTP, evaluating and identifying problems and conditioning factors, as well as the proposal of different improvement solutions.

The WWTP in question, located in the Municipality of Caldas da Rainha, is the second largest treatment station operated by the SMEs of Caldas da Rainha, which faces a number of irregularities and in order to correct these, there should be an upgrade and a requalification at the existing facilities in the near future.

The Tornada WWTP treatment system consist in a liquid phase, which includes an oxidation ditch and a secondary settler, and in a solid phase comprising drying beds.

The exhaustive evaluation of the way of functioning has helped to detect several factors that may affect its proper functioning, such as: the increase of the population served, the undue infiltration into the sanitation network, the degradation of the organs and the absence of preliminary treatment.

The main recommendations suggested were: (1) splitting the water flow between the Tornada WWTP for the Caldas da Rainha WWTP, which is the main WWTP of the municipality; (2) the implementation of an retention tank; (3) the implementation of a treatment line in parallel to the existing one; and / or (4) the implementation of a new treatment line, in place of the existing one; and (5) the introduction of the preliminary treatment.

Keywords: urban wastewater, WWTP, oxidation ditch, drying beds, prolonged aeration system, control parameters.



# Índice

1	Introdução .....	1
1.1	Objetivo .....	4
1.2	Organização da dissertação.....	5
2	Considerações gerais / revisão de literatura.....	7
2.1	Enquadramento histórico do tratamento de águas residuais.....	7
2.2	Enquadramento estratégico do setor em Portugal.....	8
2.2.1	Infraestruturas de tratamento de águas residuais em Portugal .....	15
2.2.2	Reutilização e Descargas de águas residuais em Portugal.....	17
2.3	Tratamento de águas residuais urbanas.....	19
2.3.1	Capitação em águas residuais em Portugal .....	19
2.3.2	Tipos de tratamento de águas residuais / Processos de tratamento na ETAR .	19
2.3.3	Legislação relativa ao tratamento de águas residuais e objetivos.....	20
3	Metodologia.....	23
4	Caso de Estudo.....	25
4.1	Apresentação dos Serviços Municipalizados de Abastecimento e Saneamento de Caldas da Rainha .....	25
4.2	Descrição e caracterização do sistema de tratamento de ETAR de Tornada ..	29
4.2.1	Descrição do atual sistema de drenagem afluyente à ETAR de Tornada.....	29
4.2.2	Caracterização do sistema de tratamento na ETAR de Tornada .....	31
4.3	Apresentação de resultados de exploração e discussão .....	39
4.2.3	Caracterização da fase líquida.....	40
4.2.4	Caracterização da fase sólida .....	60
5	Diagnóstico do estado atual de funcionamento .....	67
6	Recomendações para um melhor funcionamento da ETAR .....	71
6.1	Recomendações gerais de segurança e saúde no trabalho.....	71
6.2	Recomendações de exploração.....	75
6.2.1	Identificação de soluções alternativas à ETAR de Tornada .....	75
6.2.2	Identificação de soluções alternativas no interior da ETAR de Tornada .....	80
6.3	Recomendações de manutenção.....	87
7	Conclusão .....	89

8	Referências Bibliográficas.....	91
<b>Anexo A</b>	.....	95
<b>Anexo B</b>	.....	105
<b>Anexo C</b>	.....	109
<b>Anexo D</b>	.....	119

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Principais tipos de tratamento realizados em ETAR .....	20
Tabela 2.2 - Valores limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais .....	21
Tabela 4.1 - Síntese dos principais indicadores de 2017 referentes ao abastecimento de água .....	26
Tabela 4.2 - Síntese dos principais indicadores de 2017 referentes ao saneamento de águas residuais .....	27
Tabela 4.3 - Indicadores de sustentabilidade ambiental.....	28
Tabela 4.4 - Qualidade da água na Ribeira da Palhagueira no ano de 2017.....	30
Tabela 4.5 - Características das principais etapas de tratamento da fase líquida e sólida...	37
Tabela 4.6 - Frequência e ponto de amostragem dos parâmetros analisados .....	39
Tabela 4.7 - Parâmetros de dimensionamento do processo de lamas ativadas .....	41
Tabela 4.8 - Caudais de dimensionamento da ETAR de Tornada .....	44
Tabela 4.9 - Concentrações e cargas de dimensionamento de CBO, CQO e SST da ETAR de Tornada .....	46
Tabela 4.10 - Frequências de ocorrências de concentração (em percentagem) para o afluente da ETAR de Tornada.....	48
Tabela 4.11 - Percentagem dos incumprimentos por parâmetros a respeitar na ETAR de Tornada entre 2012 e 06/2018.....	52
Tabela 4.12 - Médias de eficiência de remoção dos parâmetros a respeitar na ETAR de Tornada entre 2012 e 06/2018.....	53
Tabela 4.13 - Percentagem de meses de incumprimentos de eficiência para os parâmetros CBO <sub>5</sub> , CQO E SST .....	54
Tabela 4.14 - Parâmetros de controlo na vala de oxidação da ETAR de Tornada .....	56
Tabela 4.15 - Parâmetros de controlo de dimensionamento da ETAR de Tornada.....	58
Tabela 6.1 - Riscos associados ao tratamento da fase líquida e sólida na ETAR de Tornada .....	72
Tabela 6.2 - Análise de riscos e contenções na ETAR de Tornada .....	73
Tabela 6.3 - Hipótese para diminuir a afluência de caudal à ETAR de Tornada.....	78
Tabela 6.4 - Dimensionamento da Estação Elevatória do Cemitério .....	79



## Índice de Figuras

Figura 2.1- Acessibilidade física dos serviços de SAR em Portugal (1994- 2011).....	10
Figura 2.2 - Alojamentos abrangidos por EG com avaliação satisfatória no indicador Acessibilidade física do serviço, em percentagem .....	11
Figura 2.3 – Distribuição geográfica da avaliação da acessibilidade física do serviço em baixa e em alta .....	12
Figura 2.4 – Distribuição das instalações de tratamento ao longo do país .....	15
Figura 2.5 – Evolução do número de instalações de tratamento e do número de instalações com licença de descarga válida entre 2012 e 2016.....	16
Figura 2.6 - Localização geográfica dos pontos de rejeição .....	17
Figura 2.7 - Reutilização de água residual tratada em “alta” e em “baixa” em 2016.....	18
Figura 3.1 - Esquema metodológico do subcapítulo de apresentação de resultados de exploração e discussão .....	23
Figura 3.2 - Esquema metodológico do capítulo de Recomendações para o bom funcionamento da ETAR .....	23
Figura 4.1 - Representação esquemática dos Serviços Municipalizados de Caldas da Rainha .....	25
Figura 4.2 - População residente para os diversos aglomerados populacionais pertencentes à rede de drenagem afluenta a ETAR de Tornada .....	32
Figura 4.3 - Câmaras de visita existentes a montante da vala de oxidação .....	33
Figura 4.4 - Estação elevatória do Cemitério .....	33
Figura 4.5 – Caixa de entrada na vala de oxidação.....	33
Figura 4.6 - Vala de oxidação da ETAR de Tornada .....	34
Figura 4.7 - Entrada de lamas resultantes da recirculação de lamas secundárias .....	34
Figura 4.8 – Vista de topo e lateral dos quatro leitos de secagem .....	35
Figura 4.9 – Vala de oxidação -vista Aérea e lateral da entrada das escorrências da fase sólida .....	36
Figura 4.10 – Imagem satélite com a localização das E.E da rede de drenagem associada à ETAR de Tornada .....	43
Figura 4.11 - Caudais instantâneos medidos a saída do decantador secundário .....	44
Figura 4.12 - Caudais instantâneos à saída do decantador secundário da ETAR de Tornada .....	45
Figura 4.13 - Concentrações de CBO <sub>5</sub> no afluenta e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) .....	47
Figura 4.14 - Concentrações de CQO no afluenta e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) .....	49
Figura 4.15 - Concentrações de SST no afluenta e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) .....	49
Figura 4.16 - Variação da concentração dos parâmetros CBO <sub>5</sub> , CQO e SST .....	50

Figura 4.17 - Concentrações de N total no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controlo analítico SMASC).....	50
Figura 4.18 - Concentrações de P total no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) .....	51
Figura 4.19 - Concentrações de O&G no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) .....	51
Figura 4.20 - Carga afluente à ETAR de Tornada .....	52
Figura 4.21 - Relação de CBO <sub>5</sub> /CQO no afluente da ETAR (2012 a 06/2018) .....	56
Figura 4.22 - Imagem da recolha de amostra na vala de oxidação.....	56
Figura 4.23 - Variação da temperatura na Vala de Oxidação.....	57
Figura 4.24 - Variação do pH na Vala de Oxidação.....	57
Figura 4.25 – Vista do local da câmara de visita onde está instalada a válvula de seccionamento, juntamente com o volante (montado) .....	61
Figura 4.26 – Recolha de lamas desidratadas dos leitos de secagem da ETAR de Tornada ..	62
Figura 4.27 - Depósito de lamas desidratadas na câmara de visita a montante da obra de entrada da ETAR de Caldas da Rainha.....	62
Figura 4.28 - Caixa de recção de lamas afluentes ao espessador gravítico .....	63
Figura 4.29 – Volume de lamas por ano .....	64
Figura 4.30 - Volume de lamas desidratadas durante cada mês, de 2013 a 006/2018 .....	64
Figura 4.31 - Número de ocorrências mensais de transporte de lamas para a ETAR de Caldas da Rainha .....	64
Figura 4.32 - Limpeza e manutenção de um leito de secagem .....	66
Figura 5.1 – Imagens de vários graus de acumulação de gorduras e óleos na vala de oxidação .....	68
Figura 5.2 - Limpeza dos auto-aspirantes na vala de oxidação .....	68
Figura 5.3 - Caixa de saída do efluente da vala de oxidação .....	69
Figura 5.4 - Clarificado final na ETAR de Tornada com vista aérea e lateral do DS.....	69
Figura 5.5 - Decantador secundário com a presença de flocos de grandes dimensões à superfície .....	70
Figura 6.1 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 1	76
Figura 6.2 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 2	76
Figura 6.3 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 3	77
Figura 6.4 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 4 .....	77
Figura 6.5 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 5	78
Figura 6.6 - Classificador de areias.....	81
Figura 6.7 - Concentrador de gorduras .....	81
Figura 6.8 - Unidade de tratamento de lamas provenientes da fase líquida .....	84
Figura 6.9 - Exemplos de instalação de painéis fotovoltaicos .....	85



## Listas de abreviaturas e Simbologia

AA - Abastecimento de água

SAR - Saneamento de águas residuais

FCS - Fossa séptica coletiva

EG - Entidade Gestora

CBO<sub>5</sub> - Carência bioquímica de oxigénio

CQO - Carência química de oxigénio

SST - Sólidos Suspensos e Totais

O&G - Óleos e Gorduras

ETAR - Estação de tratamento de águas residuais

E.E - Estação elevatória

Qmd - Caudal médio diário

DS - Decantador secundário

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

SMAS de Caldas da Rainha - Serviços Municipalizados de Abastecimento e Saneamento de Caldas da Rainha

VLE - valor limite de emissão

PT - pontos de transformação de energia



# 1 Introdução

A água é um recurso natural fundamental para a vida humana e para a subsistência dos ecossistemas, desempenhando papéis indispensáveis na segurança alimentar, na saúde pública e, consequentemente, no desenvolvimento económico sustentável (Somlyódy e Varis, 2006).

Este recurso natural, que outrora era considerado um bem livre, atualmente é reconhecido como um dos bens mais estratégicos a nível económico, sendo, por isso, reconhecido, por vezes, como um bem semipúblico (Marques, 2005; Moran e Dann, 2008).

Ao longo da história mundial, com destaque no século passado, o desenvolvimento populacional, a industrialização e a rápida urbanização resultaram no aumento da poluição ambiental. Este prejuízo ambiental tornou-se numa questão global devido às preocupações com a saúde pública associadas aos poluentes gerados. Por exemplo, as águas residuais quando rejeitadas em massas de água sem tratamento prévio, constituem um risco sanitário. No entanto, o aumento das pressões antropogénicas sobre os recursos naturais, suscitados pelo crescimento contínuo da população humana e pela sua urbanização, era constante e, consequentemente, os problemas foram persistindo e provocando impactes ambientais, cuja expressão negativa era cada vez mais significativa. Com efeito, os recursos naturais (e.g. água, solo e ar), que sustentam a vida estão pressionados de forma alarmante e requerem, urgentemente, um equilíbrio entre a descarga de águas residuais nas massas de água recetoras e a sua proteção (Kamika *et al.*, 2014) .

Desde as pequenas comunidades rurais, com baixa densidade populacional, até aos grandes complexos e/ou aglomerados urbanos, com grande densidade populacional, necessitam de acesso adequado a água de abastecimento. Todavia, à medida que a população aumenta e as influências antropogénicas se expandem, a resposta à procura de água de abastecimento exigirá um equilíbrio entre a rejeição de águas residuais e a proteção dos recursos hídricos (Burian *et al.*, 2000; Tarr *et al.*, 1984).

Nos últimos anos, o tema do impacte ambiental global das estações de tratamento de águas residuais tem vindo a receber cada vez mais atenção, estando estritamente relacionado e interligado com as estratégias globais de desenvolvimento sustentável (Barbu *et al.*, 2017; Rosmaninho *et al.*, 2008).

As descargas de água residual, provenientes da rede de drenagem de águas residuais domésticas, comerciais e/ou indústrias, são o principal componente da poluição da água, contribuindo para o aumento da carência de oxigénio e da carga de nutrientes nas massas de água. Estes dois aspetos favorecem processos de eutrofização (e.g. proliferação de algas, ...),

conduzindo à destabilização de ecossistema aquático (Carey e Migliaccio, 2009; Morrison *et al.*, 2001). Atendendo ao facto de os constituintes das águas residuais apresentarem características químicas e microbiológicas diferentes, os mesmos conduzem a diferentes graus de poluição ambiental e diferentes níveis de perigo de contaminação (Bohdziewicz e Sroka, 2006; Samie *et al.*, 2009).

Nos últimos 50 anos, muitos países tentaram reduzir o volume de descargas de águas residuais não tratadas para rios e outras massas de água interiores, monitorizando cuidadosamente e melhorando de forma constante as estações de tratamento de águas residuais municipais e industriais (Metcalf and Eddy, 1995).

Por forma a reduzir os impactes negativos no ambiente, é necessário utilizar métodos apropriados de controlo ambiental, salientando-se a implementação de estações de tratamento de águas residuais (ETAR), com o objetivo de produzir um efluente tratado, com limites de concentração de poluentes aceitáveis, antes de se efetuar a sua descarga nos meios recetores naturais (e.g. lagos, rios, etc.). A questão fundamental para estes sistemas é a sua eficiência, tanto em termos da qualidade de água a descarregar, como do custo económico inerente ao sistema de tratamento, operação e manutenção (Barbu *et al.*, 2017).

Não desvalorizando o papel fundamental de controlo ambiental, dos meios hídricos e das comunidades, a implantação de ETAR depende de um conjunto de fatores complexos, salientando, para além de aspetos financeiros e da localização espacial das mesmas, a caracterização das condições de afluência e a definição dos objetivos específicos de gestão relativos às concentrações de poluentes, na descarga de efluentes (Metcalf and Eddy, 1995).

Os sistemas de tratamento de águas residuais tendem a reproduzir os processos naturais biológicos, físicos e químicos. A diferença entre as estações de tratamento consiste no tipo de tecnologia usada e da sua eficiência, bem como na diversidade de possíveis combinações tecnológicas. De salientar, que todos os processos podem ser definidos quer em termos físico-químicos e bioquímicos (incluindo a microbiologia), quer em termos de velocidade dos processos (Salgot e Folch, 2018).

Embora os efluentes produzidos em meio urbano e agrícola constituam um importante contributo de nutrientes não pontuais, as ETAR, enquanto fontes pontuais de efluentes, podem sobrecarregar os meios recetores, dominando as características hidrológicas e regulando os ciclos de nutrientes. O aumento do volume de águas residuais e a sustentabilidade dos recursos hídricos críticos foram fatores-chave, para a extensão do tratamento de águas residuais. A redução das concentrações de nutrientes nas águas residuais é um aspeto relevante da gestão da qualidade da água, pois as concentrações excessivas de nutrientes impedem, frequentemente, que as massas de água atinjam os usos a que estavam destinados. As ETAR

consideram inúmeros métodos físicos, químicos e biológicos, para melhorar a qualidade do efluente. Não obstante, a remoção de nutrientes requer tratamento e infraestruturas avançados, que podem ser economicamente proibitivos (Carey e Migliaccio, 2009).

Paralelamente, ao desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, industrial, o tratamento de águas residuais tem vindo a ser cada vez mais valorizado e estudado, tornando-se imperativo que as estações de tratamento acompanhem a evolução. Entre outros exemplos, a remoção de substâncias biogénicas de águas residuais é essencial em termos de proteção ambiental e só pode ser alcançada com o auxílio de tecnologias inovadoras (Mazeikiene e Vaiskunaite, 2018).

O funcionamento das ETAR é influenciado de forma positiva com o acréscimo de monitorização do sistema e de controlo da qualidade da água produzida, com o objetivo de proteger a saúde pública e o ambiente. No entanto, a eficiência das estações de tratamento pode interferir com qualidade do efluente tratado, em consequência do envelhecimento das infraestruturas, da manutenção inadequada e da mão-de-obra pouco especializada (Samie *et al.*, 2009).

## 1.1 Objetivo

A presente dissertação centrou-se no estudo da ETAR de Tornada com a finalidade de avaliar as condições em que a mesma está a trabalhar identificando as conformidades que esta apresenta, tendo em conta a sua implantação há cerca de 30 anos.

Este estudo foca os principais problemas existentes, apresentando sempre que possível soluções e/ou alternativas a cada um destes, com o objetivo de colocar a ETAR de Tornada a funcionar com o máximo do potencial que esta pode oferecer.

Um dos objetivos dos SMAS de Caldas da Rainha ao realizar o projeto de ampliação/remodelação da ETAR de Tornada, é o de conseguir reduzir as afluências atuais, desviando parte do caudal para a ETAR de Caldas da Rainha, que se encontra na fase de estudo prévio para realização do projeto. Esta intenção de redução de afluência à ETAR de Tornada deve-se ao facto desta se localizar no limite da Reserva Natural Local – o Paul de Tornada – e por ter alguns incumprimentos dos parâmetros de descarga.

## 1.2 Organização da dissertação

A presente dissertação está dividida em seis capítulos e quatro anexos. O primeiro capítulo é introdutório, apresentado a problemática que serve de base para o desenvolvimento do estudo, bem como o seu principal objetivo.

No segundo capítulo é apresentado o enquadramento teórico histórico e estratégico do setor em Portugal continental, subjacente ao desenvolvimento da presente dissertação.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia adaptada, seguindo a apresentação do caso de estudo no quarto capítulo.

O quinto capítulo refere-se ao diagnóstico dos resultados relativos ao caso de estudo, evidenciado as principais conclusões e as questões mais intrínsecas de forma sintetizada e explícita. No último capítulo são apresentadas recomendações futuras que se consideram essenciais para o desenvolvimento geral dos serviços prestados.





## 2 Considerações gerais / revisão de literatura

### 2.1 Enquadramento histórico do tratamento de águas residuais

Os primeiros indícios de recolha de águas residual retomam ao início do século XIX, contudo a ocorrência de tratamento sistemático das águas residuais apenas teve evidência no final do século XIX e início do século XX, propulsionada pelo desenvolvimento da teoria do germe por Koch e Pasteus nos meados do século XIX, a qual despoletou o começo de uma nova era no saneamento (Metcalf and Eddy, 1995).

O conceito atual de saneamento começou a ser implementado, no final do século XIX. Mais tarde, outros tipos de águas residuais foram também tratados, como as águas residuais industriais. A técnica de tratamento de lamas ativadas “clássica”, celebrou o seu centenário em 2014. Esta tecnologia de tratamento de águas residuais tornou-se num tratamento de referência em todo o mundo desde 1930 (Salgot e Folch, 2018).

Nos últimos 40 anos, o número de estações de tratamento, para prestação de serviço municipal às comunidades, quase que triplicou. A implementação de normas, transpostas em decreto-lei conduziu a alterações substanciais no controlo da poluição nas águas residuais, por forma a salvaguardar a saúde pública e a produzir um efluente tratado com características compatíveis para a sua utilização em fins industriais, para rega e para uso recreativo (Metcalf and Eddy, 1995).

No contexto nacional, a maior parte da população já usufrui de redes de drenagem de águas residuais. Todavia, ainda não está assegurado o tratamento para todas as águas residuais recolhidas. Contudo, a criação dos sistemas multimunicipais veio impulsionar a construção de interceptores e de estações de tratamento de águas residuais, ainda que nem sempre esteja assegurada a rede de recolha e drenagem. Esta situação tem como implicação a realização de descargas diretas dos coletores para meios hídricos, e de forma difusa através das fossas sépticas, resultando na degradação da qualidade das massas de água superficiais e subterrâneas (Marques, 2005).

## 2.2 Enquadramento estratégico do setor em Portugal

Em relação à situação Portuguesa, o setor de saneamento de águas residuais é responsável por todo o seu ciclo e as suas interligações com o meio envolvente, o que inclui a utilização da água, a recolha (drenagem de águas residuais produzidas), o transporte e a elevação, por norma, para uma estação de tratamento, e de seguida encaminhadas, através de um emissário, para descarga no meio recetor.

Atendendo ao facto de o desenvolvimento deste setor ser importante, a nível nacional, para a preservação da saúde pública e segurança coletiva das populações, para a proteção do meio ambiente e para a promoção de atividades económicas, várias entidades relevantes no meio, como Águas de Portugal- AdP, SA, têm vindo a projetar e planear objetivos futuros, para a melhoria e crescimento deste tipo de atividade.

A classificação do setor de saneamento, segundo a publicação do Decreto-Lei n.º 379/93, de 5 de Novembro, diferencia os sistemas multimunicipais, maioritariamente responsáveis pela alta, dos sistemas municipais, maioritariamente responsáveis pela baixa (Alves *et al.*, 2017).

De modo geral, os sistemas multimunicipais abrangem infraestruturas de tratamento de águas residuais urbanas e infraestruturas de recolha, transporte e elevação de águas residuais urbanas (e.g. coletores e estações elevatórias), que se localizem a jusante do sistema de drenagem das águas residuais, que abranjam uma área de pelo menos de dois municípios e exigem um investimento predominante do Estado, ou seja, constituído por um conjunto de componentes que permitem a ligação do sistema em baixa ao ponto de descarga.

Os sistemas municipais compreendem toda a rede de drenagem (coletores com serviço de percurso), incluindo infraestruturas associadas à rede de drenagem, como coletores, câmaras de visita e, por regra, estações elevatórias, isto é, sistema que faz a coleta de águas residuais junto ao produtor rejeitando-as num sistema em alta.

Nas últimas décadas, têm sido desenvolvidos esforços no sentido de reduzir o número de aglomerados populacionais, sem um adequado sistema de saneamento de águas residuais, e com vista a que Portugal consiga cumprir o normativo nacional e comunitário, em matéria de tratamento de efluentes e de qualidade da água.

O Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e de Saneamento de Águas Residuais 2020, PENSAAR 2020, materializa novas orientações estratégicas e define os objetivos para o setor de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, tornando-se num documento estratégico importante para identificar e clarificar, de forma consistente, os problemas que afetam o setor, tendo como pilar os planos estratégicos anteriores do setor, designadamente o

PEAASAR I (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000-2006) e o PEAASAR II para o período 2007-2013.

De entre as metas propostas por parte do PEAASAR II, os objetivos operacionais, mais incidentes, na representação da qualidade do serviço de águas residuais, são nomeadamente:

- Servir cerca de 95% da população total do País com sistemas públicos de abastecimento de água (AA) e servir cerca de 90% da população total do País com sistemas públicos de saneamento de água residual (SAR) urbanos, sendo que em cada sistema integrado de saneamento o nível de atendimento desejável deva ser, pelo menos, 70% da população abrangida;
- Obter níveis adequados de qualidade de serviço, mensuráveis pela conformidade dos indicadores de qualidade do serviço definidos pela entidade reguladora.

O objetivo nacional de 90% de serviço, também fez parte das metas do PEAASAR I. Contudo em termos de acessibilidade física do serviço de recolha e tratamento de águas residuais, apesar de se ter registado, nestes anos, um elevado incremento no setor, ainda não foi cumprida a meta.

Acresce, ainda, o facto do progresso feito no atendimento da população com serviços públicos de SAR, nomeadamente no seu tratamento, não cumprir o objetivo estabelecido para o serviço de SAR aos utilizadores.

Em termos de valor médio nacional, Portugal tem níveis de acessibilidade física aos serviços de SAR da ordem dos 81% (sendo que destes 78% são encaminhadas para ETAR, ou seja, 3% da população está servida por rede de coletores, mas sem ETAR, isto é, águas residuais recolhidas, mas que não foram sujeitas a tratamento adequado).

Na Figura 2.1, apresenta-se a evolução da taxa de atendimento da população com rede de drenagem e com tratamento de águas residuais, entre 1994 e 2011.

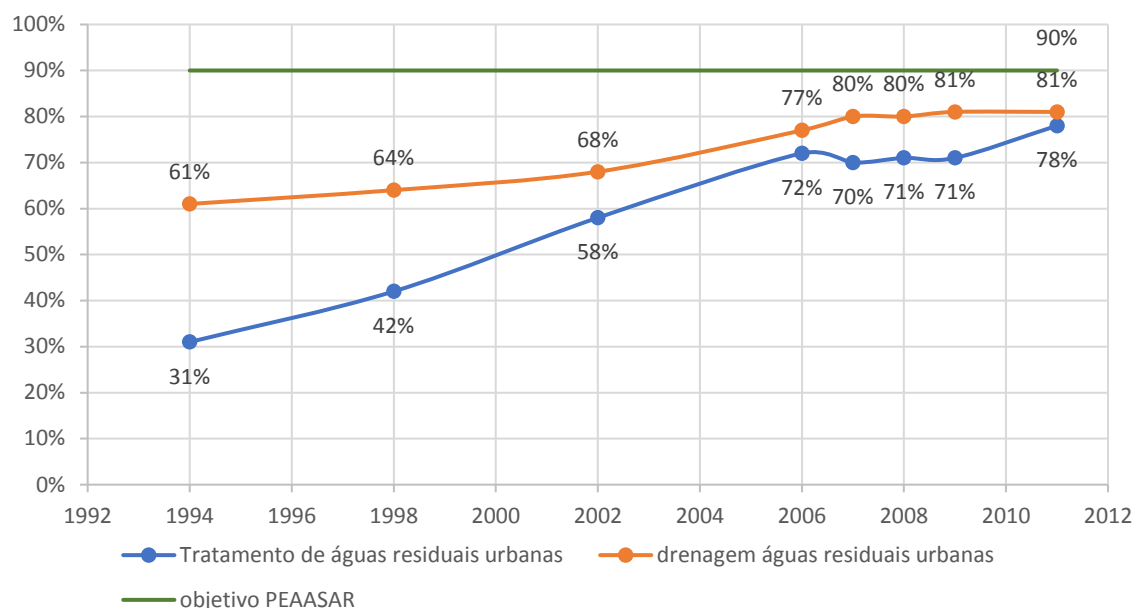


Figura 2.1- Acessibilidade física dos serviços de SAR em Portugal (1994- 2011). (Fonte: ERSAR e adaptado do PENSAAR 2020 V.3)

Em 1994 e 2002, devido ao financiamento comunitário disponibilizado pelo Fundo de Coesão, verifica-se uma evolução mais acentuada, de 27% da população servida com tratamento de águas residuais e segundo os valores obtidos, constata-se o aumento da população servida com a rede de drenagem de águas residuais foi cerca de 8%. Novamente, de acordo com a informação disponível, o nível de atendimento em drenagem de águas residuais e em tratamento de águas residuais era, em 2006, de 77% e 72%, respetivamente. Entre 2007 e 2011 a taxa a cobertura dos serviços de SAR aumentou 8%, no que se refere ao tratamento, e 1% relativamente à recolha de águas residuais urbanas, atingindo níveis de cobertura de 78% e de 81%.

Existem, no entanto, problemas não resolvidos pelo quadro estratégico de apoio, entre 2007-2013, sendo que o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR 2020) terá de levar a cabo a conclusão da articulação dos sistemas públicos de drenagem e recolha, com os sistemas de intersecção e tratamento de águas residuais, a separação da componente de caudais pluviais em sistemas unitários, a erradicação de ligações cruzadas nos sistemas separativos e o aumento da população servida para 90% entre outros. Como consequência, a melhoria da qualidade dos serviços prestados às populações é um objetivo estratégico da maior relevância para o quadro de ação a implementar entre 2014 e 2020. A existência deste eixo, para além de proporcionar aos utilizadores serviços de qualidade, contribui igualmente para a coesão nacional, através da eliminação das assimetrias na qualidade dos serviços, que ainda persistem entre entidades gestoras.

O PENSAAR 2020 propôs vários indicadores de avaliação da qualidade do serviço para cada um dos objetivos operacionais que servem, na sua grande maioria, para gerir o Plano e avaliar

o seu progresso através da monitorização anual ao longo do período de vigência do PENSAAR 2020, por parte da ERSAR e com o auxílio de valores definidos por base atuais, os indicadores e metas que se pretende atingir (ERSAR, 2017). Na Figura 2.2 visualiza-se um exemplo de um indicador de avaliação da qualidade do serviço, a acessibilidade física do serviço entre 2011 e 2016.

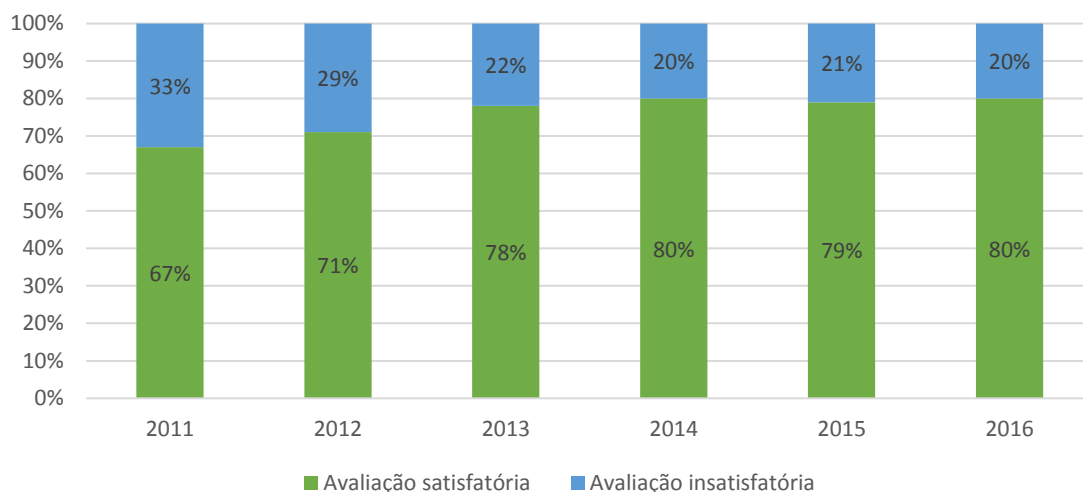


Figura 2.2 - Alojamentos abrangidos por EG com avaliação satisfatória no indicador Acessibilidade física do serviço, em percentagem (Fonte: ERSAR, 2017)

Constata-se que o indicador de alojamentos abrangidos por EG com avaliação satisfatória nos indicadores Acessibilidade física do serviço apresenta uma evolução favorável.

Segundo o PENSAAR 2020, os sistemas em “baixa” já abrangem uma elevada a área de intervenção, sendo que de rural para urbana, tem associada diferentes taxas de acessibilidade física (de 95% nas áreas predominantemente urbanas, para 77% nas áreas medianamente urbanas e 69% nas áreas predominantemente rurais), demonstrando um desenvolvimento assimétrico ao longo do país, marcado, ainda, pela ausência de rede de drenagem em algumas povoações.

Segundo o Relatório Anual dos Serviços de Águas e de Resíduos em Portugal 2017 (RASARP), as regiões hidrográficas do Tejo, Sado, Mira, Guadiana, e Ribeiras do Algarve são as que apresentam maiores níveis de atendimento em drenagem e tratamento. De um modo geral, as regiões do Norte apresentam níveis de atendimento em drenagem e tratamento inferiores às regiões do Centro e Sul do país. Os mapas da

Figura 2.3 ilustram, respetivamente, os níveis de acessibilidade física do serviço, no território nacional.

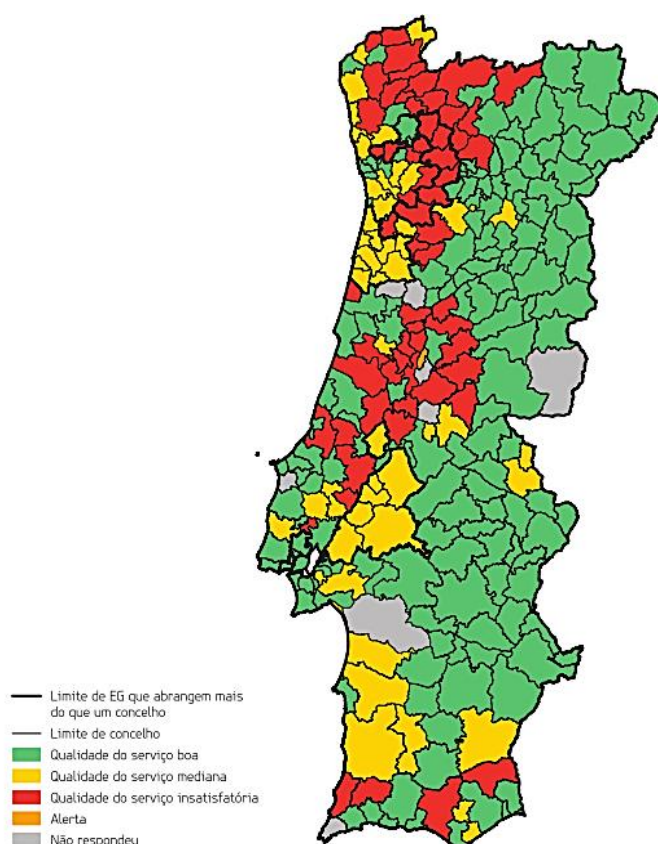
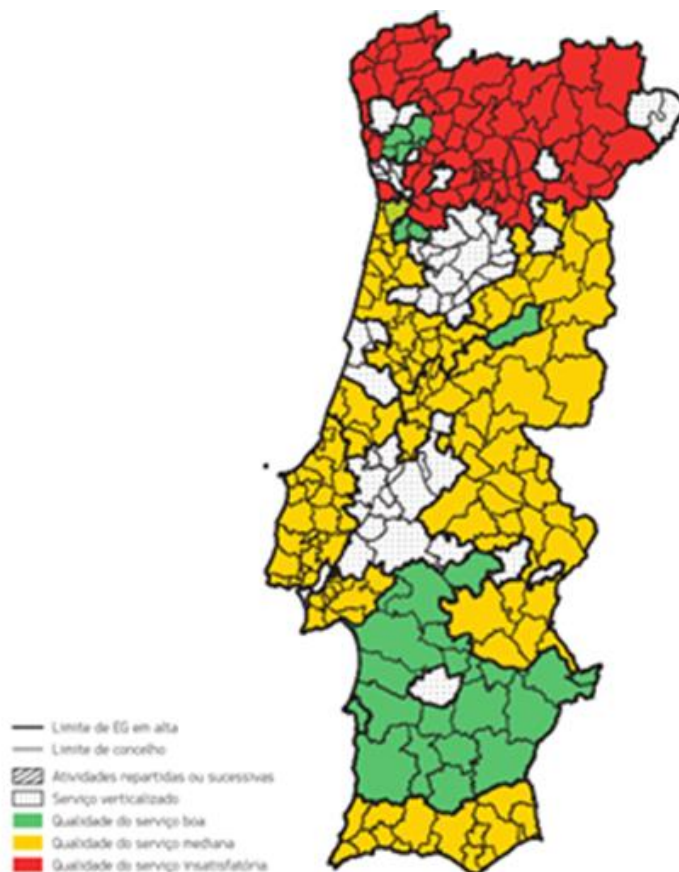


Figura 2.3 – Distribuição geográfica da avaliação da acessibilidade física do serviço em alta (imagem superior) e em baixa (imagem inferior) (Fonte: Anexos do RASARP)

Através da distribuição geográfica, é possível interpolar que a população ainda não servida por SAR está na sua maioria localizada em regiões de baixa densidade populacional, com pequenos aglomerados urbanos ou servidos por EG de pequena dimensão (ver Figura 2.3), em que o custo unitário de um serviço público em rede é superior à média nacional e uma capacidade financeira da população insuficiente, para assegurar a recuperação desses custos.

Numa análise geral, relativamente às atividades de drenagem e tratamento de águas residuais, persistem ainda dificuldades diversas no cumprimento das obrigações legais nacionais e comunitárias, embora se tenha vindo a registar melhorias significativas. Em termos de evolução, a cobertura do serviço de saneamento tem vindo a aumentar na última década, ainda que a um ritmo mais lento, quando comparado com o abastecimento de água. Em 2016, a cobertura do serviço de drenagem de águas residuais e de tratamento de águas residuais era ainda de 83% e 82%, respetivamente, não tendo sido alcançado o objetivo estabelecido no PEAASAR II, para 2013, de 90% da população com rede de drenagem e com tratamento de águas residuais. No que diz respeito ao valor da adesão ao serviço de saneamento de águas residuais, este apresenta, ainda, potencial de melhoria, à semelhança do que se verifica no caso do abastecimento de água, registando 88,6 %, em 2016, refletindo assim situações decorrentes da utilização (Alves *et al.*, 2017).

Ainda que se esteja aquém da meta proposta no PEAASAR II, a acessibilidade física ao serviço de recolha e tratamento de águas residuais, pode vir, ainda, a aumentar, resultado dos investimentos em curso e de outros a executar, no período de 2014-20.

Em relação aos investimentos a realizar, a prioridade deve ser dada à conclusão das intervenções que garantam o cumprimento da legislação comunitária e nacional, assim como terminar outras instalações que assegurem o destino adequado das águas residuais domésticas coletadas.

Aquando realizados os investimentos requeridos para cumprimento do normativo comunitário e nacional, a garantia de níveis mais elevados de acessibilidade física ao serviço de SAR irá, certamente, passar pela criação de sistemas de saneamento apropriados a pequenos aglomerados (o grau de tratamento a exigir dependerá de critérios ambientais). Neste novo ciclo considera-se pertinente que o objetivo de cobertura seja substituído, no âmbito da estratégia setorial para o período 2014-20, por objetivos diretamente relacionados com benefícios concretos para as populações, para o ambiente, para o crescimento económico (e.g. potenciando o turismo e atividades de aquicultura) e, como referido, para garantir o cumprimento do normativo comunitário e nacional (Frade *et al.*, 2015).





## 2.2.1 Infraestruturas de tratamento de águas residuais em Portugal

Em Portugal continental existem aproximadamente 4 349 instalações de tratamento de águas residuais, das quais 2 743 (63%) correspondem a ETAR e 1 606 (37%) a fossas sépticas coletivas (Alves *et al.*, 2017).

Os mapas da Figura 2.4 ilustram a distribuição de instalações de tratamento ao longo do território português, no ano de 2010.

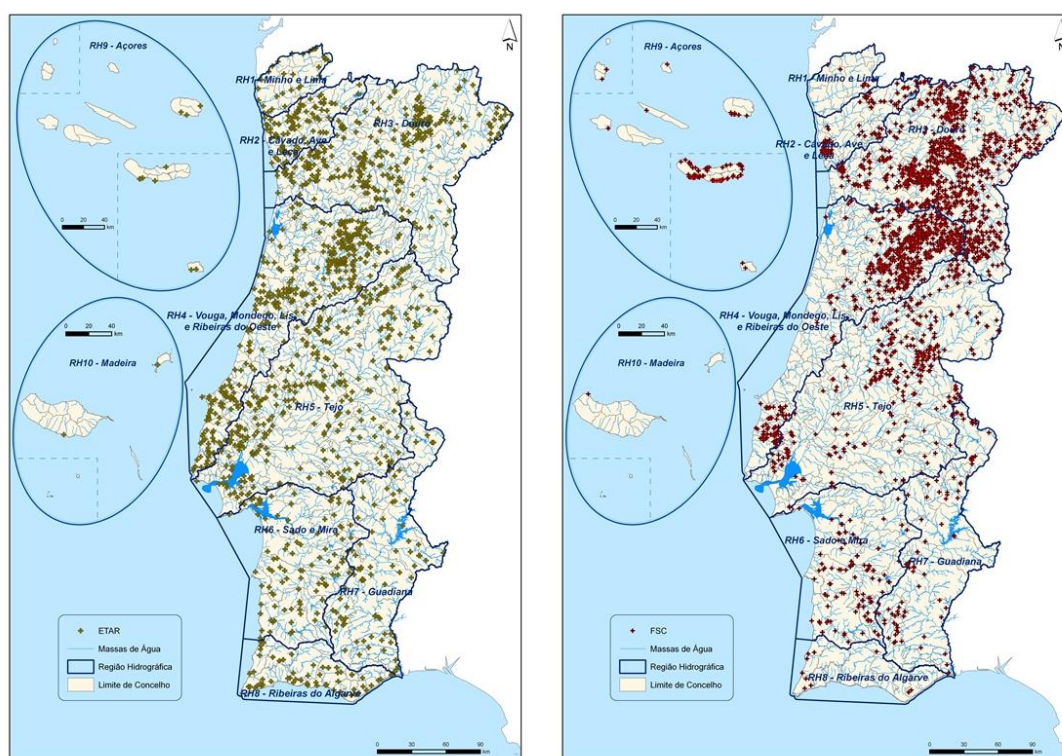


Figura 2.4 – Distribuição das instalações de tratamento ao longo do país (Fonte: REAADTAR, 2010)

A disposição das ETAR, ao longo do país, é bastante dispersa, enquanto que as fossas sépticas coletivas (FSC) se encontram, maioritariamente, no interior norte de Portugal Continental, respetivamente nas regiões hidrográficas do Douro e do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste. Devido ao facto de os aglomerados populacionais apresentarem uma densidade populacional reduzida e com distâncias consideráveis entre eles, com o acréscimo das características topográficas verificadas nestas regiões e com um relevo bastante acidentado, é notória a dificuldade em construir emissários longos (Alves *et al.*, 2017; Araújo, 2006).

As ETAR encontram-se, maioritariamente, localizadas no litoral de Portugal Continental, designadamente nas regiões hidrográficas do Cávado, Ave e Leça, do Douro e do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste, devido à maior concentração populacional.

Numa avaliação global, verifica-se que o número de ETAR é superior ao número de FSC. E cada vez mais o número de FSC tem tendência a diminuir, com a sua desativação e dando lugar a novas ETAR, dispondo de um tratamento mais completo, com tratamento secundário e tratamento terciário.

Na Figura 2.5 encontra-se representada a evolução do número de instalações de tratamento e do número de instalações de tratamento com licença de descarga válida, entre 2012 e 2016, verificando-se um aumento (30 % em 2012 até 39 % em 2016) das instalações de tratamento com licença de descarga válida.

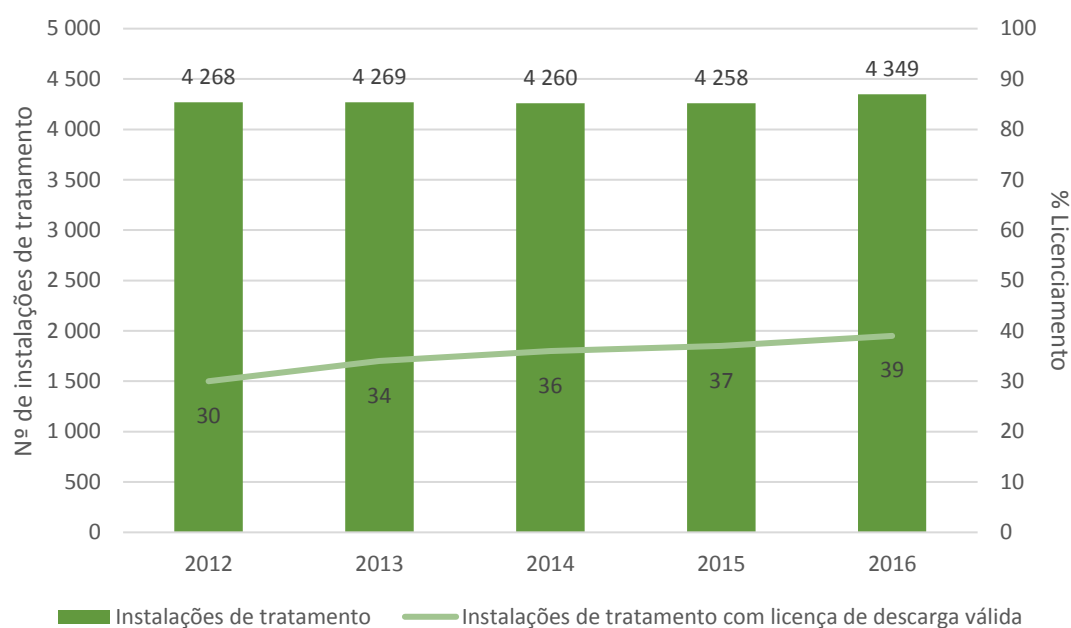


Figura 2.5 – Evolução do número de instalações de tratamento e do número de instalações com licença de descarga válida entre 2012 e 2016 (Fonte: Adaptado de RASPAR2017)

Entre 2012 e 2016, verificou-se um aumento das instalações de tratamento de águas residuais, espelhando a continuação do investimento no setor, permitindo uma diminuição do volume de água residual, que é descarregada no meio hídrico sem qualquer tipo de tratamento (Alves *et al.*, 2017).

## 2.2.2 Reutilização e Descargas de águas residuais em Portugal

Atualmente com o controlo de descargas de águas residuais não tratadas no meio recetor segundo a Diretiva do Conselho 91/271/CE.E e 2004/35/CE, é possível identificar a quantidade de água residual bruta descarregada diretamente no meio recetor.

O indicador é definido como a percentagem de descarregadores de emergência com descarga direta para o meio recetor monitorizados e com funcionamento satisfatório (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em baixa e em alta).

Segundo o RASPAR 2017, o número de descargas diretas nos meios hídricos recetores têm vindo a diminuir, o que se reflete na melhoria da qualidade da água desses meios.

A Figura 2.6 expõe a distribuição dos pontos de descarga após tratamento e descarga direta, ao longo do país, referentes ao ano de 2010, interpolando que estes valores tenham vindo a reduzir, nos restantes anos em falta.

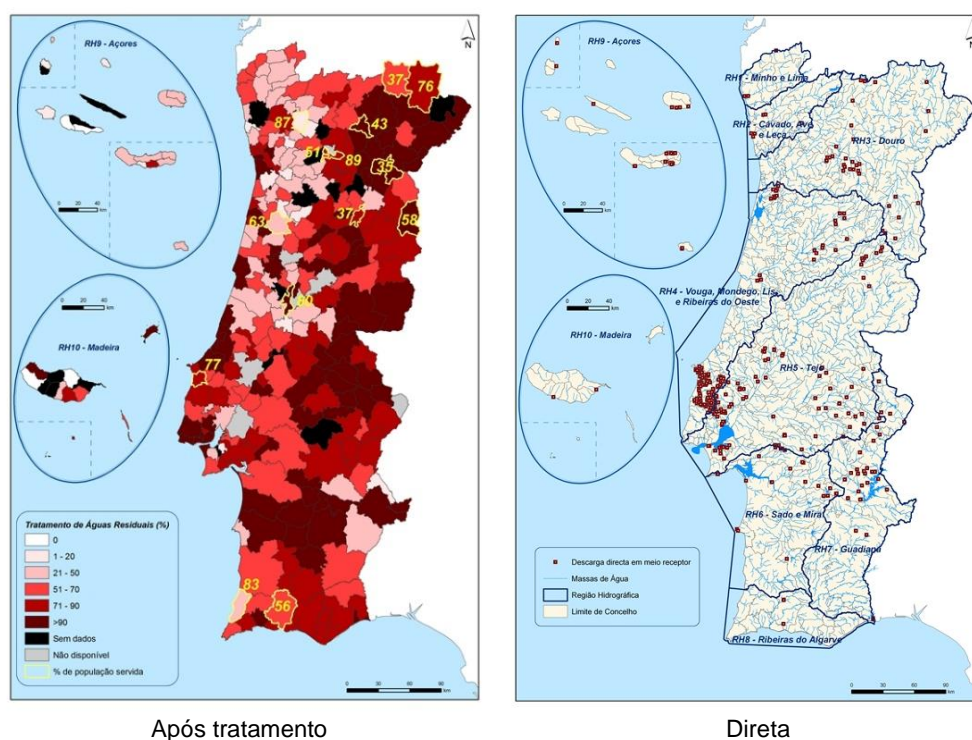


Figura 2.6 - Localização geográfica dos pontos de rejeição (Fonte: REAADTAR, 2010)

Visualiza-se que as regiões hidrográficas do Cávado, Ave e Leça, do Douro e do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste apresentam um índice superior de descargas de águas residuais, após tratamento.

Com vista a diminuir os impactes negativos provocados das descargas de água residuais, cada vez mais recorre-se à implementação de sistemas de reutilização de águas residuais tratadas. A reutilização das águas residuais é uma alternativa viável, económica e segura, quer do ponto de vista sanitário, como ambiental, numa ampla janela de aplicabilidade (Baptista *et al.*, 2012).

O acréscimo de pressão sobre as massas de águas e a ocorrência de períodos de seca prolongada, registados em anos anteriores, têm potenciado a reutilização enquanto uma alternativa do ponto de vista ambiental e de gestão hídrica adequadas, assim como financeiramente mais atrativa (Baptista *et al.*, 2012).

O regulamento Português, especificamente no Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho e no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, recomenda a reutilização como alternativa à descarga no meio hídrico, por parte dos sistemas reutilização de águas residuais, sempre que possível e adequado. A reutilização pode exigir diferentes graus de tratamento das águas residuais de acordo com os usos a que se destinam. Pode utilizar-se o efluente tratado para reutilização em regas e lavagens dentro ou fora da ETAR. Em algumas ETAR de Portugal já se realiza a reutilização dos efluentes tratados para diversos destinos, nomeadamente, a rega de jardins, espaços públicos e campos de golfe (Marecos e Albuquerque, 2010).

Em 2016, apenas 21 entidades gestoras, das quais 14 em baixa e 7 em alta, reutilizaram água, correspondendo a 7,8 milhões de metros cúbicos, ou seja, a cerca de 1,1% da água residual tratada.

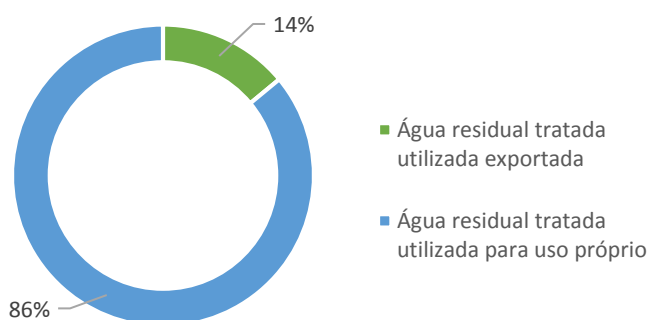


Figura 2.7 - Reutilização de água residual tratada em “alta” e em “baixa” em 2016 (Fonte: RASPARP 2017)

Na Figura 2.7, observa-se que, em 2016, a maior parte da água residual tratada foi utilizada pelas entidades gestoras para uso próprio e, apenas, 14 % foi fornecida a outras entidades para serem reutilizadas (Alves *et al.*, 2017).

## 2.3 Tratamento de águas residuais urbanas

### 2.3.1 Capitação em águas residuais em Portugal

A capitação de águas residuais, são determinadas segundo os consumos de água de abastecimento, logo os caudais de águas residuais domésticas afluentes à ETAR são determinadas partir da capitação de consumo, tendo presente que só uma parte desta aflui à rede de drenagem (70 – 90%).

A nível europeu, o consumo de água varia de região, consoante os hábitos adquiridos e as particulares de cada comunidade, sendo que a média referente ao ano de 2003 da União Europeia é de, aproximadamente, de 150 l/(hab.dia) e corresponde ao valor estipulado no Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto (Wieland, 2003).

Em Portugal, segundo o relatório de monitorização do PENSAAR 2020 realizado pela ERSAR, a capitação de água faturada por habitante, referente ao ano de 2016, foi de 192 l/(hab.dia). A capitação de águas residuais domésticas é cerca de 150 l/(hab.dia),.

### 2.3.2 Tipos de tratamento de águas residuais / Processos de tratamento na ETAR

As fases de tratamento que existem numa ETAR resultam de um conjunto de operações unitárias, que se encontram ligadas entre si de forma a constituir processos sistemáticos. As fases são divididas segundo os mecanismos fundamentais, evidenciando-se os mecanismos físicos, químicos e bioquímicos. As operações físicas unitárias, que são regidas pelas leis da física (e.g. sedimentação). As operações químicas unitárias, como o nome sugere são aquelas em que ocorrem reações estritamente químicas, como a precipitação. As operações bioquímicas, por outro lado, são aquelas que usam microrganismos, para degradar ou transformar poluentes através de reações químicas catalisadas enzimaticamente (Schultz *et al.*, 1999).

Os processos de tratamento dividem-se em duas fases de tratamento: uma fase líquida, com etapas de tratamento de água; e uma fase sólida, com etapas de tratamento de lamas. Ambas as fases estão interligadas, funcionando simultaneamente, uma vez que as lamas da fase sólida são resultantes da fase líquida, e as escorrências e os sobrenadantes da fase sólida retomam ao tratamento da fase líquida.

Na Tabela 2.1. identificam-se os principais tipos de tratamento mais utilizados numa estação de tratamento de água residual, distinguindo-se quatro grupos principais de etapas de tratamento: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e, por último, tratamento terciário.

Tabela 2.1 - Principais tipos de tratamento realizados em ETAR. (Adaptado: (Metcalf and Eddy, 1995; Ministério do Ambiente, 1997)

Tratamento	Remoção	Processo
<b>Preliminar</b>	Sólidos grosseiros, areias e óleos e gorduras	Processo físico: gradagem manual e/ou mecânica, desarenação e remoção de escumas e gorduras
<b>Primário</b>	Sólidos suspensos totais – 50% Matéria orgânica – 20%	Processos físicos: Decantação estática Decantação lamelar Processos físico-químicos: Adição de reagentes
<b>Secundário</b>	Sólidos suspensos totais – 90% Matéria orgânica – superior a 85%	Processo de lamas ativadas Leitos Percoladores Lagunagem Discos Biológicos Biofiltração SBR
<b>Terciário</b>	Nutrientes e agentes patogénicos	Desinfecção: Raio UV, Dióxido de cloro, ozonização Lagoa de maturação

### 2.3.3 Legislação relativa ao tratamento de águas residuais e objetivos

Considerando o objetivo último do tratamento de águas residuais, i.e., proteger o ambiente, tornou-se necessário estabelecer padrões de qualidade ambiental para a descarga de efluentes. Neste sentido, a Diretiva n.º 91/271/CEE de 21 de maio, define medidas no que diz respeito à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas e industriais, com o objetivo de proteger o ambiente dos impactes negativos das referidas descargas. O Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho transpõe a Diretiva anterior para o direito português, impondo objetivos qualitativos para as descargas de água residual urbana, por forma a garantir a qualidade do meio recetor. A conceção da linha de tratamento deverá ter em consideração o meio recetor e os objetivos de qualidade aplicados à finalidade do efluente tratado. Na Tabela 2.2 resumem-se os valores limite associados aos parâmetros mais significativos.

Tabela 2.2 - Valores limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais (Decreto-Lei nº 152/1997, de 19 de junho)

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor (mg/L)</b>
<b>CBO<sub>5</sub></b>	25
<b>CQO</b>	125
<b>MS</b>	35
<b>Nt</b>	15
<b>Pt</b>	2
<b>O&amp;G</b>	15





### 3 Metodologia

Numa primeira etapa, foi analisada a linha de tratamento, tanto a fase líquida como a fase sólida, tendo em conta os boletins de qualidade referentes à ETAR em estudo. De seguida foram efetuados cálculos por forma a estudar as melhores soluções a aplicar para este caso em concreto. O esquema metodológico utilizado está apresentado na Figura 3.1.

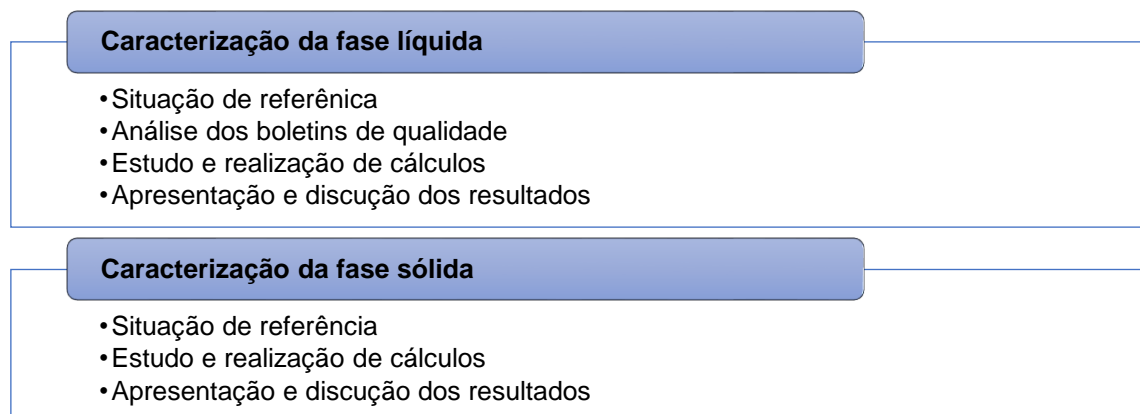


Figura 3.1 - Esquema metodológico do subcapítulo de apresentação de resultados de exploração e discussão

Por fim, no último capítulo, propõem-se algumas recomendações relativas à melhoria das condições operacionais da ETAR e alternativas ao bom funcionamento, adaptando uma abordagem de recomendações gerais de segurança e saúde no trabalho, seguidas de recomendações de exploração e sucessivamente de manutenção. A estrutura deste capítulo encontra-se na Figura 3.2.

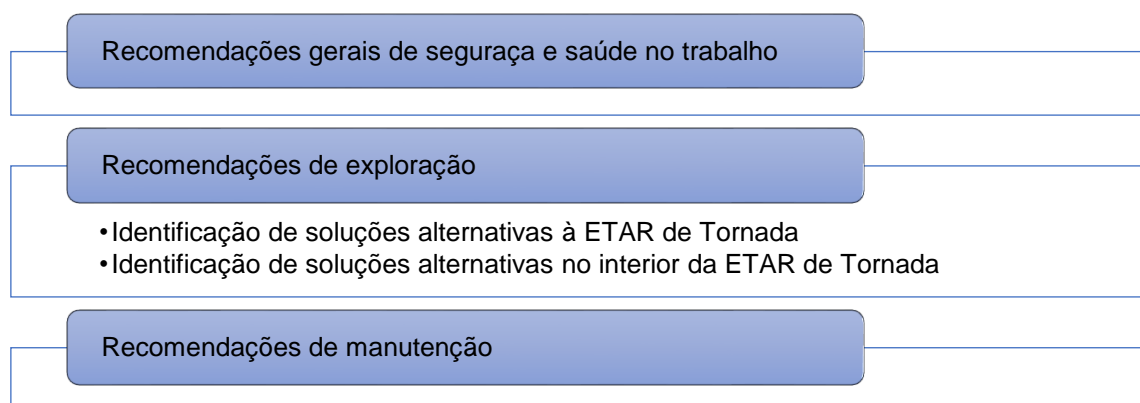


Figura 3.2 - Esquema metodológico do capítulo de Recomendações para um melhor funcionamento da ETAR



## 4 Caso de Estudo

No presente capítulo, para além de uma breve apresentação dos Serviços Municipalizados de Caldas da Rainha, encontra-se uma síntese das etapas de tratamento e operações unitárias que constituem a ETAR de Tornada, referindo-se quais os principais problemas de operação e funcionamento.

### 4.1 Apresentação dos Serviços Municipalizados de Abastecimento e Saneamento de Caldas da Rainha

O concelho das Caldas da Rainha abrange uma área geográfica de 260 km<sup>2</sup>, na qual reside uma população de, aproximadamente, 52 000 habitantes, que é coberta pelos serviços prestados pelos SMAS. Os Serviços Municipalizados da Câmara das Caldas da Rainha foram criados em reunião de Câmara, a 5 de fevereiro de 1963, e conferem um serviço público local, com autonomia administrativa, financeira e técnica. Tendo como ponto de vista satisfazer as necessidades em água e saneamento do concelho, tornou-se necessário envolver o setor de serviço de abastecimento de água para consumo e o setor de serviço de saneamento e tratamento de águas residuais. Assim, a principal atividade dos Serviços Municipalizados foca-se, essencialmente, na gestão da água, que abrange as etapas de captação, tratamento e distribuição para consumo público, bem como a recolha, drenagem, tratamento e rejeição de águas residuais. Acresce, ainda, a exploração de todos os sistemas e redes associadas, como demonstra a Figura 4.1 (CA - SMAS de Caldas da Rainha, 2017).

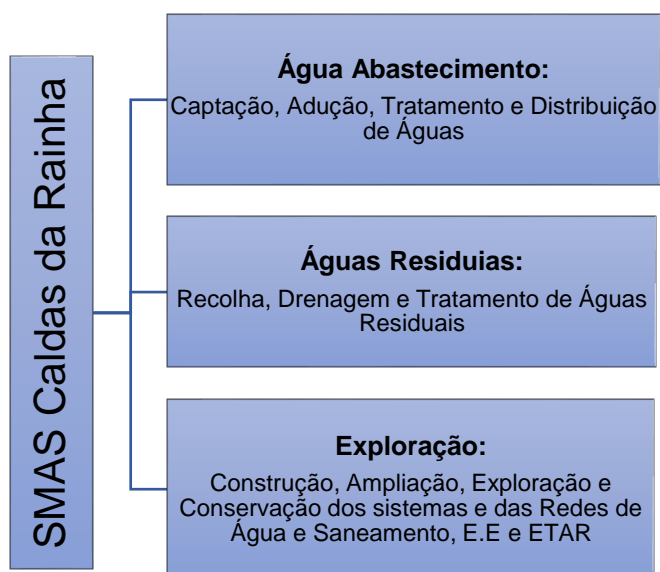


Figura 4.1 - Representação esquemática dos Serviços Municipalizados de Caldas da Rainha

O sistema de abastecimento de água dos SMAS das Caldas da Rainha é constituído aproximadamente por 592 km de condutas de água (incluindo adução e distribuição), 49 reservatórios, 26 estações elevatórias, tendo uma capacidade de reserva, na adução e distribuição, de 23.653 m<sup>3</sup>, correspondente a uma taxa de cobertura dos serviços de abastecimento de água a 100% (CA - SMAS de Caldas da Rainha, 2017).

Na Tabela 4.1, pode-se observar um resumo dos principais indicadores referidos no Relatório de Contas de 2017, para a caracterização do serviço de abastecimento de água.

Tabela 4.1 - Síntese dos principais indicadores de 2017 referentes ao abastecimento de água (Fonte: Relatório de contas de 2017)

<b>Indicador</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Área abastecida	km <sup>2</sup>	255,71
Acessibilidade física ao serviço	%	100
Adesão ao serviço	%	84
Qualidade da água	%	98,97
Volume água captado (próprias)	m <sup>3</sup>	2 740 156
Volume água comprado (AdVT)	m <sup>3</sup>	1 984 073
Água entrada no sistema	m <sup>3</sup>	4 724 229
Volume de água faturada	m <sup>3</sup>	3 345 023
Nº. captações	-	38
Nº. reservatórios	-	49
Nº. estações elevatórias de água	-	26

No que respeita ao setor de águas residuais, os SMAS de Caldas da Rainha são responsáveis pela construção, manutenção, conservação e gestão dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais, sendo que considera duas zonas distintas de saneamento:

- A zona compreendida entre a Estrada Nacional 8 e o oceano Atlântico, correspondendo sensivelmente às freguesias de Coto, Foz do Arelho, Nadadouro, N<sup>a</sup> Senhora do Pópulo, Salir do Porto, Santo Onofre, Serra do Bouro e Tornada.
- A restante área do concelho.

A distinção entre as duas zonas refere-se apenas à caracterização dos seus povoamentos, dado que ambas as zonas são dotadas com redes de saneamento e respetivas ETAR. A primeira zona é relativamente concentrada e a segunda, pelo contrário, é um povoamento bastante disperso e com povoações de dimensões reduzidas, designadamente A-dos-Francos, Casais da Serra, Salir de Matos, Santa Catarina e Vidais.

Na sua totalidade, correspondem aos SMAS de Caldas da Rainha, aproximadamente, 331 km de coletores, 58 estações elevatórias de águas residuais e nove estações de tratamento de águas residuais. As redes são do tipo separativo, no entanto na zona mais antiga da cidade existem redes do tipo unitário e mista. As redes de saneamento doméstico existentes e em funcionamento abrangem uma parte significativa do concelho das Caldas da Rainha, correspondendo a cerca de 87% da população. (Rainha, [s.d.] )

Importa referir, que os Serviços Municipalizados das Caldas da Rainha efetuam a análise cuidada dos parâmetros de controlo de qualidade, sendo uma prioridade da gestão do Conselho de Administração, de forma a garantir que os indicadores de desempenho da atividade atinjam os resultados exigidos pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos - ERSAR, bem como cumpram com o estabelecido nas licenças de descarga de águas residuais emitidas pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente / ARH-Tejo - Administração da Região Hidrográfica do Tejo. (CA - SMAS de Caldas da Rainha, 2017)

Destaca-se que todas as estações de tratamento estão dotadas de nível secundário de tratamento, não estando dimensionadas para a remoção de nutrientes (e.g. Azoto Total e Fósforo). De notar, que estes últimos não constituem requisitos de descarga, sendo apenas analisados para efeitos de controlo e cálculo da taxa de recursos hídricos, segundo o Decreto-Lei n.º 97/2008 de 11 de junho.

Na Tabela 4.2, observam-se os principais indicadores referidos no Relatório & Contas de 2017, para a caracterização do sistema de saneamento.

Tabela 4.2 - Síntese dos principais indicadores de 2017 referentes ao saneamento de águas residuais  
(Fonte: R&C SMAS de Caldas da Rainha, 2017)

<b>Indicador</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Acessibilidade física ao serviço	%	87
Adesão ao serviço	%	80,8
Águas residuais tratadas	m <sup>3</sup>	2 779 064
Nº. estações tratamento	-	9
Nº. estações elevatórias de água residual	-	58

O concelho abrange duas bacias hidrográficas, a Bacia do Rio da Cal e a Bacia do Rio de Tornada, cuja preocupação é a sua despoluição/limpeza e preservação. O Rio da Cal desagua na Lagoa de Óbidos, ecossistema do qual fazem parte duas outras bacias, nomeadamente a do Rio Arnoia e a do Rio Real. O Rio de Tornada desagua na Baía de S. Martinho do Porto.

No que toca aos indicadores de sustentabilidade ambiental, propostos pela ERSAR, os resultados estão sintetizados na Tabela 4.3. Estes dados foram fornecidos pelos Serviços Municipalizados de Caldas da Rainha, como fonte de acesso a ERSAR.

Tabela 4.3 - Indicadores de sustentabilidade ambiental (Fonte: SMAS de Caldas da Rainha, 2018)

<b>Indicador</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Eficiência energética de instalações elevatórias	-	NR
Acessibilidade física ao tratamento	%	100
Controlo de descargas de emergências	%	100
Cumprimento da licença de descarga	%	100
Encaminhamento adequado de lamas do tratamento	%	100

Na Tabela acima Tabela 4.3, verifica-se que todos os indicadores, à exceção da eficiência energética de instalações elevatórias, se apresentam dentro dos valores desejados, resultando numa avaliação de bom funcionamento da entidade gestora. Uma vez que os PT (pontos de transformação de energia) fornecem energia à estação elevatória e, em simultâneo, ao sistema de tratamento correspondente, a determinação da eficiência energética de instalações elevatórias não é possível de quantificar de momento, sendo que tal avaliação requer um controlo no local de instalação de cada PT.

## 4.2 Descrição e caracterização do sistema de tratamento de ETAR de Tornada

### 4.2.1 Descrição do atual sistema de drenagem afluyente à ETAR de Tornada

Nesta dissertação pretende-se estudar a ETAR de Tornada, que pertence ao concelho de Caldas da Rainha e que está limitada pela Reserva Natural do Paul da Tornada, estando ao cuidado dos Serviços Municipalizados de Abastecimento e Saneamento de Caldas da Rainha (SMAS), como anteriormente mencionado no subcapítulo 4.1.

De acordo com o projeto de dimensionamento, a ETAR de Tornada foi projetada, com o início de exploração em 1988 e com um horizonte de projeto de 20 anos, coincidindo com o ano 2008. Contudo, a ETAR só começou a funcionar em 1993, sendo que a ETAR está, atualmente, a funcionar há 25 anos.

A ETAR de Tornada localiza-se na freguesia de Tornada, concelho de Caldas da Rainha, e fica aproximadamente a 1,20 km noroeste do centro da localidade de Tornada. Esta ETAR trata águas residuais provenientes dos aglomerados da Tornada, Chão da Parada, Reguengo, Mouraria, Coto e Vale do Coto e um pequeno aglomerado pertencente a Caldas da Rainha. Os primeiros quatro aglomerados encontram-se equidistantes em relação à estação, enquanto os restantes se situam a uma maior distância da mesma.

A ETAR está limitada a sudoeste pelo cemitério do Reguengo da Parada, sendo a sua zona envolvente caracterizada por terrenos florestais. O local de implementação da ETAR de Tornada encontra-se cartografado na folha 326 da Carta Militar de Portugal, à escala 1:25 000. Nos Desenhos 1 a 4, do Anexo apresentam-se dois extratos da Carta Militar do local de implantação da ETAR e, em pormenor, os ortofotomapas, fornecido pelos SMAS de Caldas da Rainha, com a localização do emissário submarino na Ribeira da Palhagueira.

O recinto da ETAR estende-se por uma área de, aproximadamente, 1 435 m<sup>2</sup>, com 628 m<sup>2</sup> de superfície edificada em planta e 367 m<sup>2</sup> de superfície pavimentada com material betuminoso, com uma cota de soleira de 20,21 m na caixa de entrada da vala de oxidação e apresenta uma inclinação média de aproximadamente 3 %.

Atendendo à data de implantação da ETAR, i.e. há cerca de 30 anos, e ao estado das instalações evidenciam-se situações como a falta de manutenção e conservação bem como o subdimensionamento da mesma, que podem condicionar o funcionamento do sistema de tratamento e, conseqüentemente, o incumprimento de alguns parâmetros de descarga. Importa evidenciar que o período húmido, correspondente à estação de Inverno, é marcado pela precipitação de elevada intensidade. Durante este período, a maior parte do caudal não chega a

ser bombado para a ETAR, pois as bombas existentes não dão vazão ao caudal afluente à estação elevatória, e, por conseguinte, ocorrem descargas diretas no meio envolvente.

A rede de saneamento desta localidade é caracterizada por ser do tipo mista, isto é, tanto recebe as águas de saneamento doméstico, como recebe águas pluviais. Importa salientar, que nesta localidade, com base no registo do modo de funcionamento da ETAR, ocorreram, esporadicamente e ilegalmente, descargas de efluentes proveniente de pequenas fontes de produção, cujas características apontam para águas residuais industriais (e.g. agropecuárias e matadouros) e/ou para pequenas indústrias alimentares (e.g. doçarias). Os efluentes industriais em questão apresentam na sua constituição teores elevados de carga orgânica, o que proporciona um desequilíbrio na eficiência do sistema de tratamento implantado. É de referir que a ETAR de Tornada, por norma, não recebe material das fossas sépticas coletivas, uma vez que não se pretende provocar o agravamento das condições de funcionamento.

Segundo o Relatório & Contas de 2017, um dos serviços que está a ser prestado, através do procedimento de concurso público aos SMAS de Caldas da Rainha, é o fornecimento do cadastro das redes de água e de saneamento existentes no concelho, conduzindo a que, atualmente, não existam registos relativamente à dimensão real da rede de saneamento de afluência à ETAR de Tornada.

A descarga do efluente tratado é efetuada no curso de água mais próximo, pertencente à sub-bacia da bacia hidrográfica de S. Martinho, a Ribeira/Vala da Palhagueira que converge com o Rio de Tornada. Na Tabela 4.4, estão dispostos os parâmetros e os seus valores referentes à qualidade da água da Ribeira da Palhagueira, ao longo do ano de 2017 e 2018.

Tabela 4.4 - Qualidade da água na Ribeira da Palhagueira no ano de 2017(Fonte: SMAS de Caldas da Rainha)

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Jan.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Set.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Mai.</b>
pH	Escala Sorensen	7,6	7,6	7,6	7,5	7,6
CBO <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	<5	<5	9	25	<5
CQO	mg/L O <sub>2</sub>	19	56	43	6	36
SST	mg/L	32	61	77	6	20
OD	mg/L	9,2	1,8	1,8	<0,5	7,9
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	<10	0,79	<10	<10	<10
Fósforo Total	mg/L P	0,20	0,79	1,65	0,33	0,61
Oxidabilidade	mg/L O <sub>2</sub>	4,8	7,3	13,8	5,7	7,7
Azoto Amoniacal	mg/L NH <sub>4</sub>	-	-	-	0,34	0,32



Relativamente aos parâmetros físico-químicos, verifica-se que a Ribeira da Palhagueira apresenta uma qualidade superior à qualidade do efluente da ETAR de Tornada, conforme os valores expostos na tabela acima. Os parâmetros microbiológicos não são controlados.

Contudo, segundo (Almeida e Monteiro, 2004) foram identificados outros fatores que podem conduzir a um decréscimo da qualidade da água da Ribeira da Palhagueira, nomeadamente o escoamento de efluentes de fossas sépticas, indevidamente registados/controlados, bem como as descargas diretas dos coletores pluviais, podendo causar impactes negativos significativos nos meios recetores, ao nível de qualidade da água.

Apesar da Ribeira da Palhagueira desaguar no Rio de Tornada, existe a possibilidade de desviar parte do caudal para um outro curso de água próximo da área dedicada à Reserva Natural do Paul de Tornada, o qual poderá proporcionar a realização de queixas por parte da Reserva Natural, tal como da população residente, devido ao odor do efluente da ETAR. No entanto, a Ribeira da Palhagueira não é considerada uma zona sensível, logo os requisitos de descarga permanecem segundo o Decreto-Lei Lei nº 152/1997 para este tipo de meio recetor (APA, 2016).

#### 4.2.2 Caracterização do sistema de tratamento na ETAR de Tornada

A ETAR entrou em funcionamento em 1993 e foi dimensionada para servir uma população de 2 239 habitantes, correspondendo a um caudal médio de projeto de 269 m<sup>3</sup>/d. Contudo a ETAR, atualmente, serve oito aglomerados, em contradição ao que está mencionado no projeto base, o qual apenas refere quatro aglomerados. Atendendo que os aglomerados do Coto, Vale do Coto, Casais dos Morgados e Chão da Parada, pertencentes à Tornada, e que um pequeno aglomerado, pertencente a Caldas da Rainha, foram adicionados aos conjuntos populacionais que servem a ETAR de Tornada, a rede de saneamento terá sido ampliada, por forma a responder às necessidades da população residente, bem como às exigências por parte da rede de saneamento da região.

O coletor a que aflui a água residual proveniente da população residente, servida pela ETAR de Tornada, inicia-se no final da localidade de Caldas da Rainha e percorre a estrada N8 até chegar à localidade de Tornada. O caudal das estações elevatórias do Vale do Coto e Coto interseja o coletor principal, sendo que este segue no sentido de São Martinho do Porto, pertencendo as estações elevatórias de Reguengo da Parada, Chão da Parada, Casais dos Morgados e Mouraria.

Tendo em conta as alterações efetuadas na rede de drenagem e considerando os dados de dimensionamento provenientes do projeto base bem como os valores de população residente para a área de afluência a ETAR de Tornada, fornecidos pelo INE – Instituto Nacional de Estatísticas, com os Censos 2011, para as subsecções análogas à rede de saneamento da

ETAR de Tornada, é possível observar-se a evolução populacional na Figura 4.2, para cada aglomerado (INE - Censos 2011 Resultados Definitivos, [s.d.]; Instituto Nacional de Estatística, Censos 2011, [s.d.]).

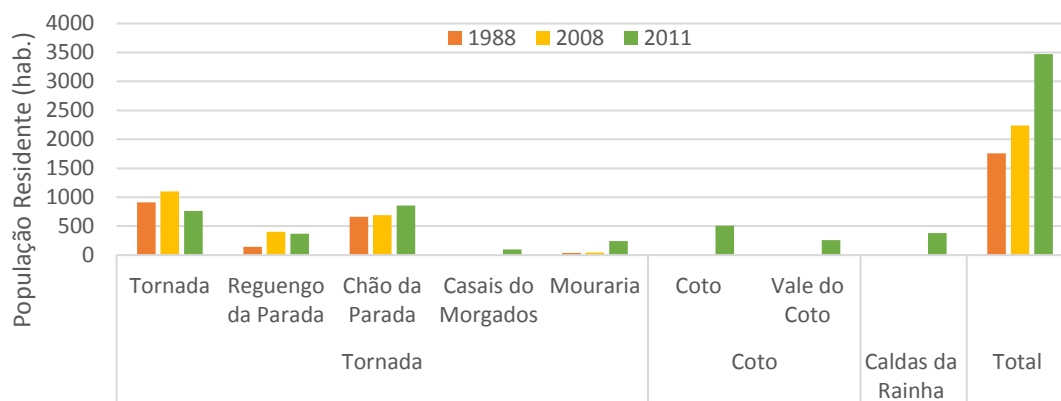


Figura 4.2 - População residente para os diversos aglomerados populacionais pertencentes à rede de drenagem afluente a ETAR de Tornada (Fonte: Projeto, 1988 e Censos de 2011)

É relevante salientar, pela observação da Figura 4.2, que a localidade de Tornada, tal como a localidade Reguengo da Parada, tiveram um decréscimo populacional entre 2008 e 2011. Estes resultados correspondem uma taxa geométrica de evolução de -11,6% e -2,9%, respetivamente. Em oposição, o aglomerado Chão da Parada aumentou ligeiramente o seu número de habitantes, com uma progressão geométrica de 7,3%. Nos restantes aglomerados a evolução do seu crescimento populacional não foi calculada devido à ausência de informação, constatando-se um acréscimo global da população de cerca de 15,8 % em relação aos valores de 2008, correspondentes a 3 474 habitantes em 2011.

A ETAR apresenta um tratamento por lamas ativadas, em regime de arejamento prolongado e tem atualmente a linha que se apresenta (em diagrama de blocos), no Anexo B.

O afluente é reunido a montante da ETAR numa estação elevatória que possui uma gradagem grossa com limpeza manual, afluindo à ETAR por meio de uma conduta elevatória de DN 110, material PVC classe 6kg/cm<sup>2</sup>, que conduz o afluente diretamente para a câmara de visita principal a montante da caixa de entrada da vala de oxidação. Na câmara de visita principal aflui também um caudal proveniente de uma segunda câmara de visita por gravidade estas podem ver-se na Figura 4.3. Na Figura 4.4 e Figura 4.5 visualizam-se o poço de bombagem da estação elevatória e a caixa de entrada do afluente na vala de oxidação. De salientar que o afluente aflui diretamente da estação elevatória para a entrada na vala de oxidação, não passando por nenhum tratamento preliminar uma vez que este é inexistente no recinto da estação de tratamento.



Figura 4.3 - Câmaras de visita existentes a montante da vala de oxidação



Figura 4.4 - Estação elevatória do Cemitério



Figura 4.5 – Caixa de entrada na vala de oxidação

Após a entrada do afluente na câmara de chegada, ocorre o tratamento biológico apenas por uma vala de oxidação de planta oval, seguindo-se uma decantação secundária.

No tanque de arejamento, a transferência de oxigénio e a agitação garantem as condições de mistura completa, através de dois rotores de superfície e de dois arejadores auto-aspirantes, conforme ilustra a Figura 4.6.



Figura 4.6 - Vala de oxidação da ETAR de Tornada

O conteúdo do reator biológico é encaminhado para o DS (decantador secundário) de planta circular, sendo o efluente clarificado encaminhado para o meio recetor: a Ribeira da Palhagueira. As lamas secundárias que afluem, graviticamente, à estação elevatória, permitindo a recirculação de fundo das lamas para a cabeça da vala de oxidação, mantêm uma concentração suficiente de sólidos/ SST na mesma, como se observa na Figura 4.7. Essa mesma estação elevatória também permite a extração de lamas em excesso do decantador secundário para a fase sólida, quando necessário, através das válvulas existentes (Figura 4.8).



Figura 4.7 - Entrada de lamas resultantes da recirculação de lamas secundárias



Relativamente à fase sólida, as lamas secundárias em excesso provenientes do DS são elevadas para os quatro leitos de secagem, identificados na Figura 4.8. As escorrências resultantes da desidratação/armazenamento realizada nos leitos de secagem são enviadas de forma gravítica para a vala de oxidação, como se visualiza na Figura 4.9.



Figura 4.8 – Vista de topo e lateral dos quatros leitos de secagem





Figura 4.9 – Vala de oxidação -vista Aérea e lateral da entrada das escorrências da fase sólida

As lamas depositadas nos leitos de secagem ficam a espessar durante pelo menos 24 horas. Quando as lamas terminam a etapa de pré-tratamento da fase sólida são transportadas, em estado líquido, por meio de um caminhão de cisterna do tipo hidroaspirador, para a ETAR de Caldas da Rainha onde são submetidas ao espessamento, desidratação e estabilização, com o intuito de serem encaminhadas para o destino final adequado, em conformidade com as características analíticas e através de operadores de resíduos licenciados.

Segundo o Relatório & Contas de 2017, no decorrer do ano de 2017 e até ao momento, o operador de resíduos é a Ambitrevo - Soluções Agrícolas e Ambientais, Lda., com alvará de licença para a realização de operações de gestão de resíduos n.º: 00090/2015 (S13655-20151),

cujas operações consistem no armazenamento e valorização de resíduos não perigosos por tratamento biológico (compostagem) e armazenamento de lamas de depuração e de composição similar, de acordo com a definição do Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro.

Os resíduos do tratamento do afluente são enviados a destino final, comumente em aterro sanitário.

A prestação de serviços de recolha, transporte e encaminhamento para destino final adequado dos resíduos produzidos na ETAR são assegurados pela firma Ecomais – Recolha e Valorização de Resíduos, S.A., cuja operação de gestão de resíduos consiste no armazenamento e valorização de resíduos perigosos e não perigosos e, também, o seu encaminhamento, nos termos do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho ( CA - SMAS de Caldas da Rainha, 2017).

Na Tabela 4.5, apresentam-se algumas características das principais etapas de tratamento da fase líquida e sólida bem como da estação elevatória, à qual aflui um caudal significativo da rede de drenagem de águas residuais.

Tabela 4.5 - Características das principais etapas de tratamento da fase líquida e sólida

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Características</b>
<b>Estação elevatória</b>		
<b>Gradagem</b>	Grade Grossa de limpeza manual	Afastamento entre barras de 40 mm/ cesto de malha quadrada de 4 x 4 cm
<b>Poço de bombagem</b>		V=2,83 D= 1,90 m H=1 m
<b>Grupos eletrobombas</b>	2	P= 7,5 kW
<b>ETAR</b>		
<b>Tratamento Preliminar</b>	Inexistente	-
<b>Tratamento Biológico</b>	Vala de oxidação – Mistura Completa	V= 529 m <sup>3</sup>
<b>Decantação</b>	Planta circular	A= 44 m <sup>2</sup> ; V= 110 m <sup>3</sup>
<b>Desidratação</b>	4 Leitos de Secagem	V = 113 m <sup>3</sup>





### 4.3 Apresentação de resultados de exploração e discussão

Foram estudados os resultados das análises fornecidas pelos SMAS de Caldas da Rainha para controlo de qualidade da ETAR de Tornada, desde 2012 até junho de 2018. Analisaram-se, também, os resultados de caudal afluente e efluente da ETAR, bem como de alguns parâmetros na vala de oxidação, designadamente: pH, CBO<sub>5</sub>, CQO, azoto total, fósforo total, oxigénio dissolvido, SST, óleos e gorduras. Importa salientar que, como referido no subcapítulo 4.1, os nutrientes azoto total e fósforo total, não constituem requisitos de descarga, sendo apenas analisados para efeitos de controlo e cálculo da taxa de recursos hídricos. A Tabela 4.6 apresenta a frequência e o ponto de controlo definidos para os processos de tratamento e amostragem dos parâmetros analisados. As tabelas resumos dos boletins das análises referentes à ETAR de Tornada foram disponibilizados pelos SMAS de Caldas da Rainha e encontram-se disponibilizados no Anexo C .

De referir que, para a avaliação dos resultados da campanha de análises, todos os registos que demonstraram uma eficiência negativa no tratamento final, foram removidos com o intuito de realçar da melhor forma os resultados adquiridos.

Tabela 4.6 - Frequência e ponto de amostragem dos parâmetros analisados

Ponto de Amostragem	Parâmetro	Frequência (1)
<b>Caixa de entrada da Vala de Oxidação</b>	pH; Temperatura; CBO <sub>5</sub> ; CQO; SST; P total; N total; O&G	Mensal
<b>Zona arejada da Vala de oxidação</b>	pH; Temperatura; CBO <sub>5</sub> ; CQO; SST; OD; Sólidos sedimentáveis 2H e 5H	Mensal
<b>Caixa de saída do efluente final tratado</b>	pH; Temperatura; CBO <sub>5</sub> ; CQO; SST; P total; N total; O&G	Mensal

(1) – Frequência mínima estabelecida pela entidade reguladora

### 4.3.1 Caracterização da fase líquida

#### 4.3.1.1 Situação de referência

O caudal afluente sofre variações na rede de saneamento durante a época húmida devido maioritariamente a ligações inadequadas de águas pluviais, as quais dificultam a monitorização das estações de tratamento de águas residuais que evidenciam uma relação entre a ocorrência de eventos pluviométricos e o aumento do volume dos efluentes nas ETAR. Há uma certa dificuldade na avaliação correta do caudal, pois envolve processos complexos que dependem não só da afluência doméstica, mas também das condições hidrológicas e das épocas do ano. As entidades gestoras responsáveis pelos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, têm consciência destas variações e da dificuldade de lidar de forma cem por cento correta com as variações, tanto mais que os caudais provenientes da precipitação podem condicionar o bom funcionamento das infraestruturas (Belhadj, Joannis e Raimbault, 1995).

A infiltração em sistemas de drenagem de águas residuais depende de vários fatores, tais como a pluviosidade, a existência de ligações indevidas pluviais às redes de drenagem, a proximidade de aquíferos, bem como o estado de conservação da rede. A infiltração num sistema de drenagem de águas residuais pode ser direta, quando resulta da contribuição de fenómenos pluviométricos, e indireta, associada à proximidade dos coletores ao nível freático (Amorim, Valente-Neves e Saldanha Matos, 2007).

Os caudais extremos resultantes de situações pontuais podem, no entanto, comprometer o funcionamento e a robustez do sistema de tratamento.

Relativamente às características de qualidade do afluente, bem como dentro da vala de oxidação, estas podem condicionar os processos do tratamento secundário. Como exemplo, parâmetros como a temperatura (muito elevadas ou muito baixas), pH (muito ácido ou muito alcalino) e substâncias tóxicas podem inibir os processos biológicos no reator e, consequentemente, a qualidade do efluente final.

Em relação ao parâmetro temperatura, é um parâmetro importante pelo efeito que este provoca sobre as outras propriedades das águas residuais e pela determinação da qualidade da água, influenciando a solubilidade e disponibilidade de oxigénio, a toxicidade de alguns produtos químicos e as taxas metabólicas de alguns organismos (Akan, Abdulrahman, Dimari, & Ogugbuaja, 2008; Teklehaimanot, Kamika, CoetzE.E, & Momba, 2015).

O comportamento da temperatura tem tendências a aumentar nos meses mais secos e a reduzir ligeiramente na época húmida (Metcalf and Eddy, 1995).

Sobre o parâmetro pH, é importante salientar que o afluente, em processos aeróbios, deve estar compreendido entre os valores 6.0 e 8.0. Caso o afluente não cumpra estes valores os microrganismos poderão provocar a formação de substâncias tóxicas (e.g. ácidos orgânicos, CO<sub>2</sub>, cátions alcalinos ou amónia), o que levará à diminuição da eficiência do processo biológico (Painter e Loveless, 1983; Zhou *et al.*, 2019).

Analogamente, o método mais usual de quantificar as condições de biodegradabilidade e as condições tóxicas de uma água residual é através da relação CBO<sub>5</sub>/CQO (Farré *et al.*, 2007; Sarria *et al.*, 2002). Contudo para estabelecer tal relação é necessário, não haver nenhuma alteração na qualidade da água residual, bem como nenhuma alteração ao longo do tempo (Quevauviller, Thomas e Beken, 2006).

A relação de CBO<sub>5</sub>/CQO também pode ser utilizada para estabelecer uma ligação entre as origens da água residual, considerando estudos que comprovam um bom comportamento para vários tipos de resíduos e que fornecem indicações de um grau de estabilização, bem como a conservação das características específicas das amostras (Cossu *et al.*, 2017).

A vala de oxidação é um dos reatores de tratamento de águas residuais mais utilizados. Existem vários tipos de valas de oxidação, tais como valas de oxidação integradas, valas de oxidação ovais e em carrossel. Para tal, existem vários tipos de equipamentos de arejamento, como por exemplo, rotores e arejadores de superfície, fornecendo o oxigénio necessário à água residual na vala de oxidação. Dentro desta, a concentração de oxigénio varia consoante a proximidade ao equipamento de arejamento e da sua eficiência, definindo zonas aeróbias, anaeróbias e anóxicas. A presença destas zonas permite o tratamento eficiente da água residual durante o percurso na vala de oxidação, durante um determinado tempo de retenção (Fan *et al.*, 2010).

Na Tabela 4.7 evidenciam-se os parâmetros típicos de dimensionamento do processo de lamas ativadas para valas de oxidação.

Tabela 4.7 - Parâmetros de dimensionamento do processo de lamas ativadas (Fonte: Metcalf and Eddy)

Parâmetro	Unidades	Valor
<b>Idade das lamas</b>	dia	10 – 30
<b>F/M</b>	kg CBO <sub>5</sub> / kg MVS.dia	0,05 – 0,3
<b>Carga Volúmica</b>	kg CBO <sub>5</sub> / m <sup>3</sup> .dia	0,08 – 0,48
<b>MLSS</b>	mg/L	1 500 – 5 000
<b>V/Q</b>	h	8 – 36

O oxigénio é necessário para satisfazer as necessidades metabólicas dos microrganismos nos sistemas de tratamento de águas residuais. Este parâmetro possui uma elevada importância,

uma vez que este é fornecido de forma a manter o nível de oxigénio dissolvido (OD) durante os processos aeróbios e que consequentemente afeta diretamente a qualidade do efluente final (Fayolle *et al.*, 2007).

Relativamente á qualidade do efluente tratado, em acréscimo à legislação em vigor mencionada no subcapítulo 2.3.3, o parâmetro pH no efluente tratado e descarregado no meio ambiente que não cumpre os requisitos pode condicionar o meio aquático, sendo que a faixa de pH geralmente permitida varia de 6,5 a 8,5. (Metcalf and Eddy, 1995)

#### 4.3.1.2 Características quantitativas da ETAR de Tornada

O sistema de drenagem de águas residuais que alimenta a ETAR cobre uma extensa área que integra 8 redes distintas: Tornada, Chão da Parada, Reguengo, Casais dos Morgados, Mouraria, Coto, Vale do Coto e Caldas da Rainha. Com exceção do núcleo do Coto, que apresenta uma rede de drenagem separativa, as restantes bacias são formadas por troços unitários e mistos, já com alguma idade.

O sistema integra 9 estações elevatórias visualizadas na Figura 4.10:

- E.E do Coto
- E.E do Vale do Coto
- E.E do Cortiço
- E.E dos Hortas
- E.E Reguengo
- E.E Mouraria
- E.E Chão da Parada
- E.E Casais dos Morgados
- E.E do Cemitério

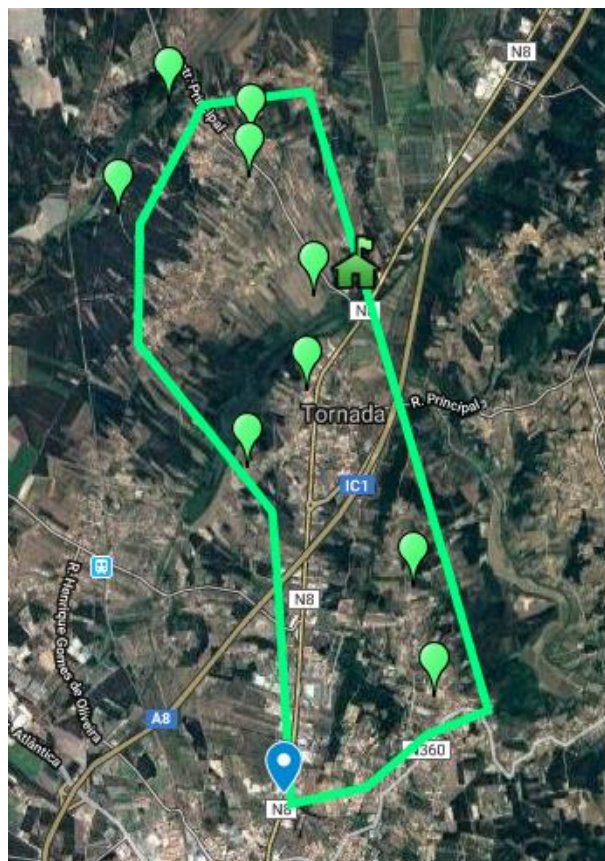


Figura 4.10 – Imagem satélite com a localização das E.E da rede de drenagem associada à ETAR de Tornada (Fonte: Google Earth)

O afluente chega à ETAR por meio de uma estação elevatória última, E.E do Cemitério, onde drenam as restantes estações elevatórias designadas anteriormente, uma vez que esta estação elevatória é a que se encontra mais próxima do cemitério do Chão da Parada e consecutivamente da ETAR de Tornada.

A rede de drenagem existente tem vindo a sofrer intervenções no sentido de a converter em separativa e de minimizar o caudal pluvial/ afluências indevidas que chegam atualmente à ETAR.

Desde o início de operação da ETAR de Tornada, até 2018, verifica-se que o caudal afluente à ETAR aumentou significativamente, para um valor próximo do dobro do valor inicial nos períodos estivais/secos. Este facto é justificado devido ao aumento da população servida pela ETAR, a desativação de fossas sépticas outrora existentes e a consequente ligação à rede de drenagem.

Segundo o projeto, os caudais de dimensionamento para o ano de 2008 são os que se apresentam na

Tabela 4.8. Contudo, considerando o acréscimo populacional desta região, os caudais mais próximos da realidade estão expostos na mesma tabela.

Tabela 4.8 - Caudais de dimensionamento da ETAR de Tornada (Fonte: Projeto de 1988) e caudais estimados pelo censo de 2011

Parâmetro	Unidades	2008	2011
Caudal médio diário	m <sup>3</sup> /d	269	500
Caudal de ponta	l/s	12	23

Tendo em conta o caudal médio diário de 2011, a ETAR de Tornada excede em aproximadamente 86% o caudal médio diário de dimensionamento (269 m<sup>3</sup>/d).

No que se refere aos caudais médios diários afluentes à estação de tratamento, uma vez que não existe nenhum equipamento de medição do caudal, não há registos deste parâmetro. Já na caixa de saída do clarificado há um caudalímetro para controlar os caudais efluentes para o meio recetor. No entanto, é importante referir que, apesar da presença do equipamento, estes só são registados quando o operador se encontra na ETAR a fazer a manutenção e regista o caudal instantâneo na folha de registos (Figura 4.11). Estes registos não são efetuados sempre à mesma hora do dia.

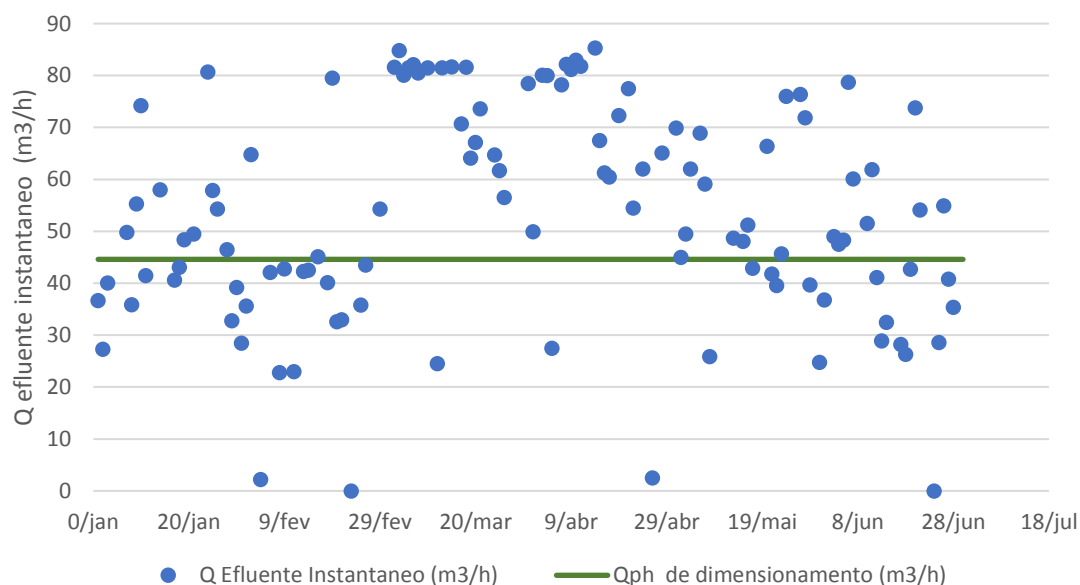


Figura 4.11 - Caudais instantâneos medidos a saída do decantador secundário (Fonte: Medições SMAS de Caldas da Rainha)

Podemos observar os caudais instantâneos registados ao longo do ano de 2018, confirmando que 64% dos caudais medidos no efluente final estão acima do valor de caudal dimensionado para o ano de horizonte de projeto – 44,6 m<sup>3</sup>/h.

Considerando a informação facultada pelo projeto de dimensionamento da ETAR de Tornada e de saneamento da freguesia de Tornada e do Coto, os caudais de infiltração indireta não foram

considerados, uma vez que as cotas de projeto estão sempre acima do nível freático. (GAT - Engenharia e Projetos, 1988)

Tendo em conta as características da bacia de drenagem para a estação de tratamento de águas residuais de Tornada, bem como as da rede implementada na área de influência, é possível constatar um aumento de caudal durante um período chuvoso, porém não representativo, devido às afluições indevidas à rede de drenagem e às infiltrações ao longo da rede. Na Figura 4.12 apresenta-se a curva de evolução do caudal instantâneo registado durante o período entre as 06:00h e as 22:00h de três dias diferentes: sábado, segunda-feira e quarta-feira.

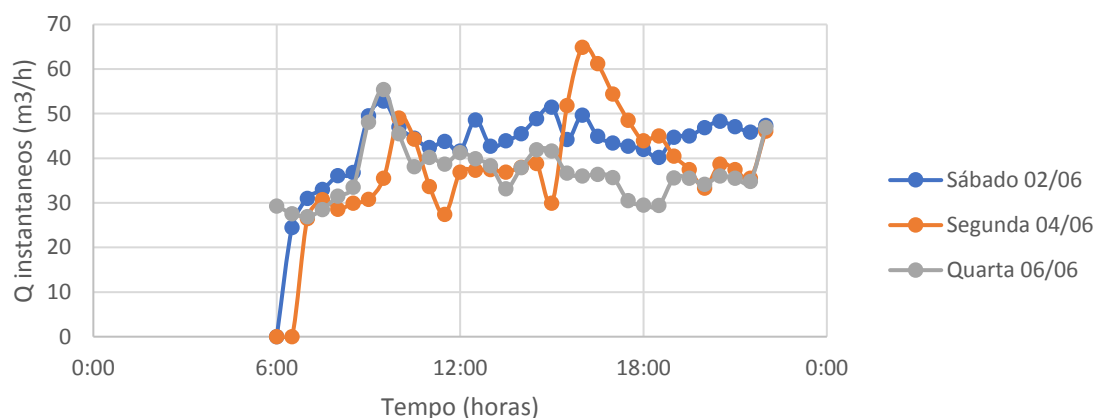


Figura 4.12 - Caudais instantâneos à saída do decantador secundário da ETAR de Tornada

É de notar que existe um comportamento semelhante do caudal ao longo do dia para cada um dos dias de registo, sendo o seu maior valor entre as 08:00h e as 10:00h, acrescentando que durante o período da tarde de segunda-feira, foi onde ocorreu o registo do maior caudal de ponta, devido aos efeitos da precipitação intensiva que consequentemente fizeram-se repercutir nos resultados obtidos. Constata-se que, numa análise grosseira, por aproximação, durante a época seca, representada pelos resultados de sábado e quarta-feira, a ETAR funciona no seu limite de exploração e que, durante a época húmida, representada pelos resultados de segunda-feira, a ETAR está a funcionar com um caudal superior ao dimensionado para o horizonte de projeto, concluindo que o caudal afluente à ETAR é superior ao desejado chegando a ser o dobro daquele para o qual a ETAR foi dimensionada.

Uma vez que não existem registos diários da intensidade pluviométrica na região de Tornada pois a estação meteorológica mais próxima que existe se situa nas Caldas da Rainha, a cerca de 7 km de distância, não foi possível correlacionar a ocorrência de precipitação com o aumento de caudal, sendo necessário um controlo mais rigoroso e durante um intervalo de tempo superior ou igual a uma semana para uma maior representatividade dos resultados, através da instalação de udógrafos, de forma a permitir a medição contínua da precipitação no período de estudo desejado.

Outra evidência relativa aos excedentes de caudais afluentes é a existência de relatos, durante o período de intensidade pluviométrica, isto é, no Inverno, sobre a ocorrência de descarga de efluente com características do afluente bruto. Isto ocorre devido ao caudal de chegada à estação elevatória ser tal que esta permanece em alta frequência de funcionamento, sem conseguir dar resposta de vazão.

A montante da ETAR de Tornada verificam-se descargas de efluentes domésticos, no solo/ ou ribeira mais próxima, provenientes da situação mencionada acima.

#### 4.3.1.3 Características qualitativas do afluente e efluente da ETAR de Tornada

Neste ponto, resumiram-se os dados disponibilizados pelos SMAS de Caldas da Rainha relativos à caracterização do afluente bruto e efluente final tratado na ETAR de Tornada. Segundo o projeto original da ETAR, de 1988, as concentrações de dimensionamento de CBO<sub>5</sub>, CQO e SST, para o ano de 2008 são as que se apresentam na Tabela 4.9 - Concentrações e cargas de dimensionamento de CBO, CQO e SST da ETAR de Tornada (Fonte: Projeto de 1988)

Segundo os boletins analíticos, tanto o afluente como o efluente apresentam intervalos de temperatura entre 6,7 e 8,5 °C, que se encontram dentro dos valores aceitáveis.

Tabela 4.9 - Concentrações e cargas de dimensionamento de CBO, CQO e SST da ETAR de Tornada (Fonte: Projeto de 1988)

Base de dados	Unidades	Valor Ano HP
Condições de Afluência		
CBO <sub>5</sub>	Kg/dia	121
CBO <sub>5</sub>	mg/L	450
CQO	Kg/dia	202
CQO	mg/L	750
SST	Kg/dia	202
SST	mg/L	750

A qualidade do afluente é analisada pelo laboratório credenciado, LPQ, Lda – Laboratório Pró-Qualidade. A amostra é composta e com uma duração de 24 horas, com recolha de amostra no intervalo de hora a hora com um volume de 1L resultando num volume total de 24L de amostra composta (não proporcional ao caudal). A temperatura é registada no momento enquanto os outros parâmetros são determinados no laboratório.



O operador coloca o equipamento junto ao local de entrada, exatamente na caixa de entrada do afluente na vala de oxidação, onde o volume da amostra é retirado através de uma mangueira, aproximadamente às 08:00h. Passado 24h, o técnico de laboratório recolhe as amostras compostas de água residual e no local faz a divisão do volume de água para os devidos frascos para realizar os ensaios laboratoriais. Para a recolha de efluente a recolha de amostra ocorre de forma similar, apenas alterando o ponto de recolha para a caixa de saída do efluente final tratado.

Nas figuras seguintes apresentam-se as concentrações dos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, Azoto Total, Fósforo Total e O&G (óleos e gorduras), do afluente e efluente final tratado, durante os anos de 2012 ao 1º semestre de 2018. Exibem-se igualmente os valores previstos de afluência no dimensionamento, bem como o VLE (valor limite de emissão) a que o efluente tratado na ETAR de Tornada tem de cumprir, com o acréscimo do azoto total e fósforo total. Para visualização pormenorizada, no Anexo C apresentam-se os dados reais em tabela.

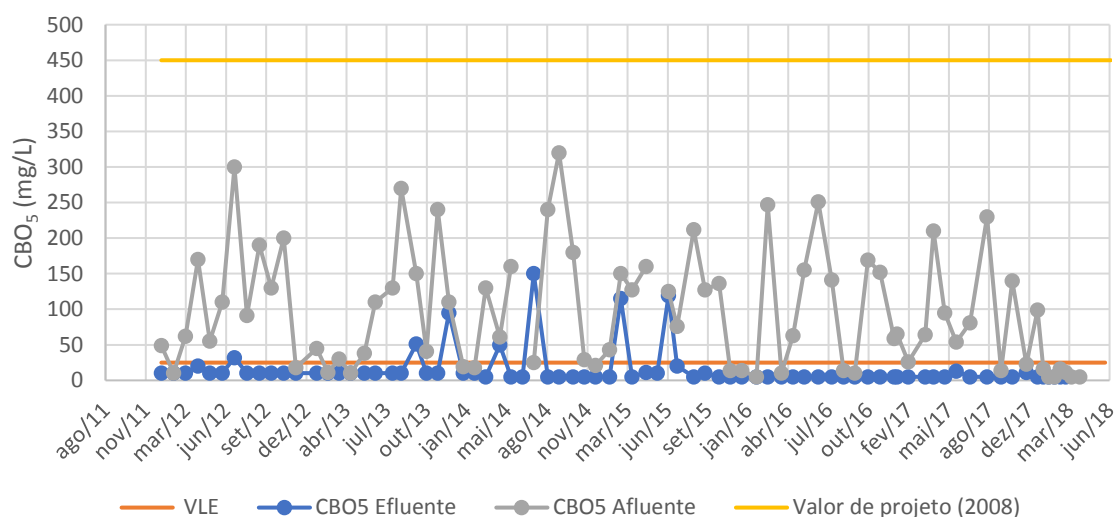


Figura 4.13 - Concentrações de CBO<sub>5</sub> no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controlo analítico efetuado pelos SMASCR)

Pela análise dos dados apresentados na Figura 4.13, verifica-se que a concentração de CBO<sub>5</sub> no efluente final variou entre um mínimo inferior a 5 mg/L e um máximo de 150 mg/L em agosto de 2014.

No que consta dos valores analisados na entrada da vala de oxidação, o parâmetro de CBO<sub>5</sub> apresenta valores inferiores ao limite de descarga, respeitando na saída os VLE do DL 152/97.

Na Tabela 4.10 pode-se verificar e identificar a frequência em que tais valores ocorrem.

Tabela 4.10 - Frequências de ocorrências de concentração (em percentagem) para o afluente da ETAR de Tornada

Intervalo de Concentrações		Frequência de ocorrências	%
0	10	9	12
10	25	14	18
25	50	8	10
50	100	14	18
100	500	33	42
Total		77	78

Através da Tabela 4.10 verifica-se que cerca de 30% dos valores estão abaixo do limite de descarga. Nestas situações, o afluente não necessitaria de tratamento secundário, apenas preliminar. Conforme já referido, este facto pode resultar de situações de precipitação extrema ou até de precisão na recolha de amostra. De facto, após interpretação dos boletins de análise da qualidade da água constatou-se que é durante a época húmida que estes valores ocorrem.

Relativamente à concentração de CQO, evidenciada na Figura 4.14, em termos de qualidade de afluência, os valores registados encontram-se inferiores ao valor previstos no dimensionamento da ETAR, excetuando um acontecimento em setembro de 2015. Quanto à qualidade do efluente final tratado, verifica-se que o mês com maior concentração foi no mês de setembro de 2015 com 350 mg/L e o valor mínimo registado foi de 20 mg/L.

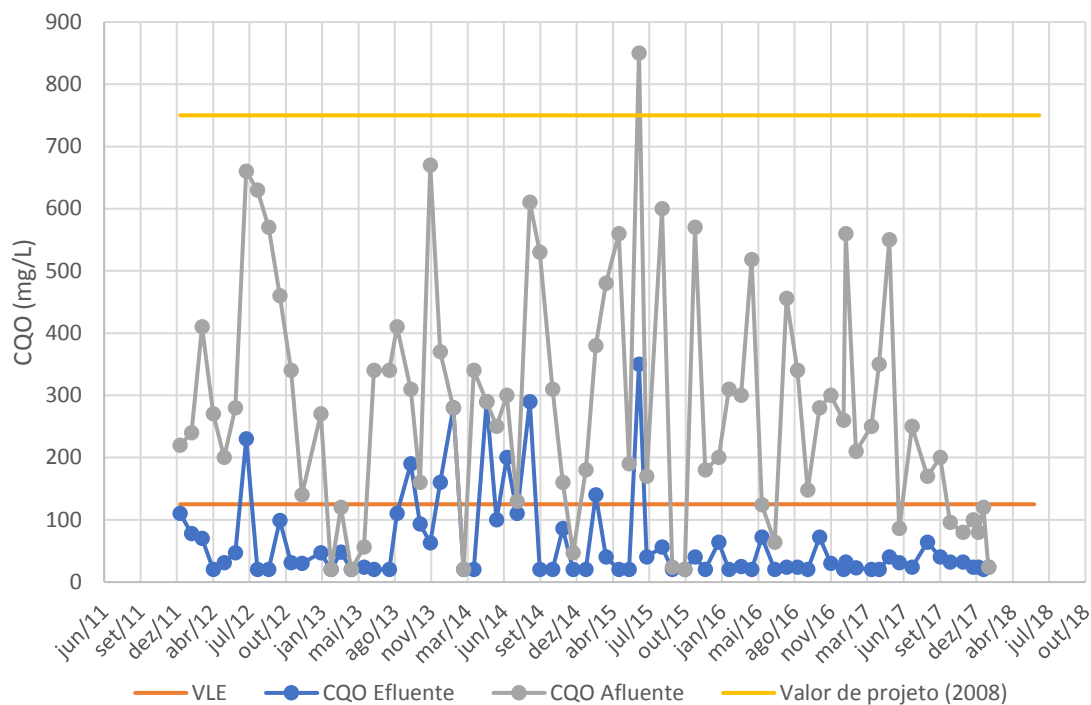


Figura 4.14 - Concentrações de CQO no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controle analítico efetuado pelos SMASC)

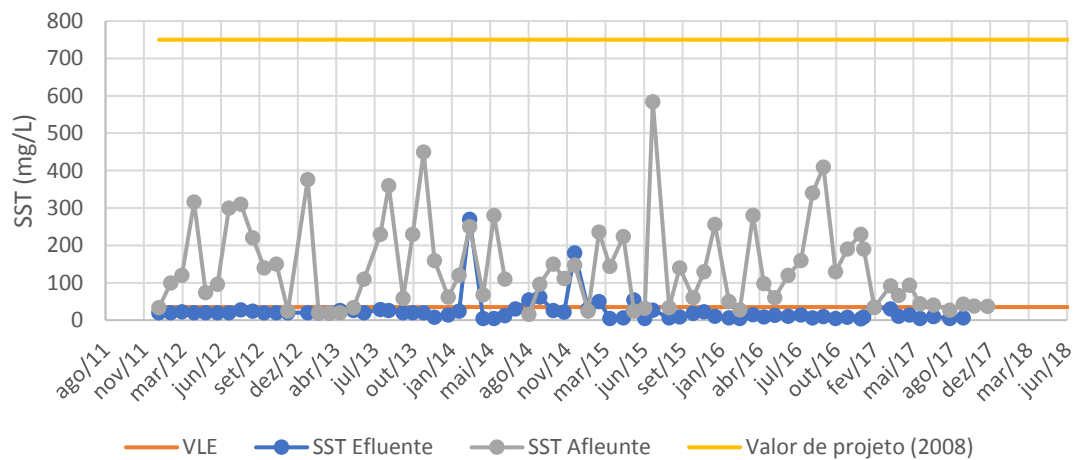


Figura 4.15 - Concentrações de SST no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controle analítico efetuado pelos SMASC)

Efetuando a mesma analogia para os SST, constata-se que a maior concentração de SST no efluente tratado foi registrada em agosto de 2014 com 270 mg/L e a menor concentração registrada foi inferior a 5 mg/L, como visualizado na Figura 4.15, acrescentando que todas as concentrações de afluência registradas estão dentro do intervalo desejado.

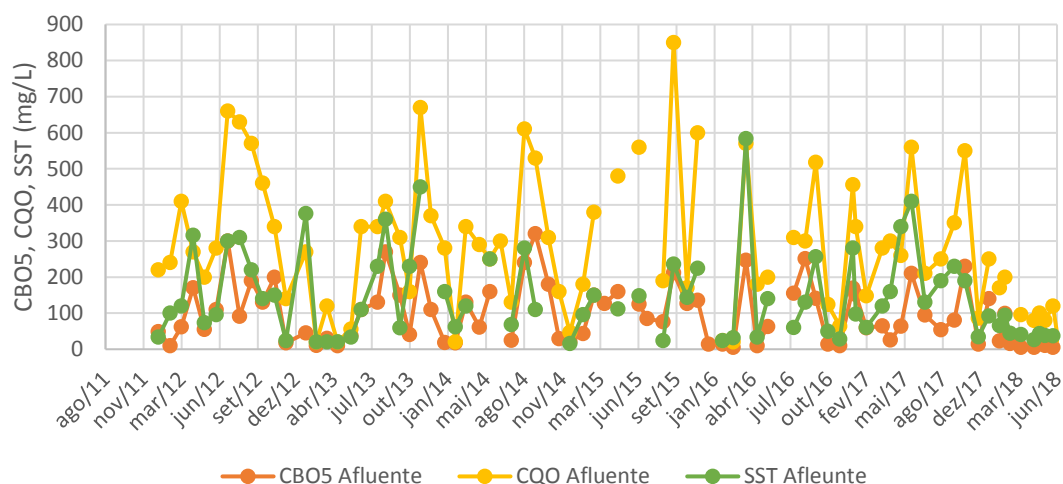


Figura 4.16 - Variação da concentração dos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO e SST (Fonte- Controlo analítico SMASC)

Pela análise da Figura 4.16, pode observar-se que tanto CBO<sub>5</sub> como o CQO e o SST apresentam variações de concentração similares aos três parâmetros, o que permite estabelecer uma ligação entre as características da água residual ao longo dos anos.

Uma vez que, os requisitos ambientais estão cada vez mais rigorosos, os parâmetros referentes aos compostos de azoto e fósforo, também devem ser observados. Desta forma, nas figuras seguintes, expõem-se os valores da concentração de azoto total e fósforo total no afluente e efluente da ETAR de Tornada.

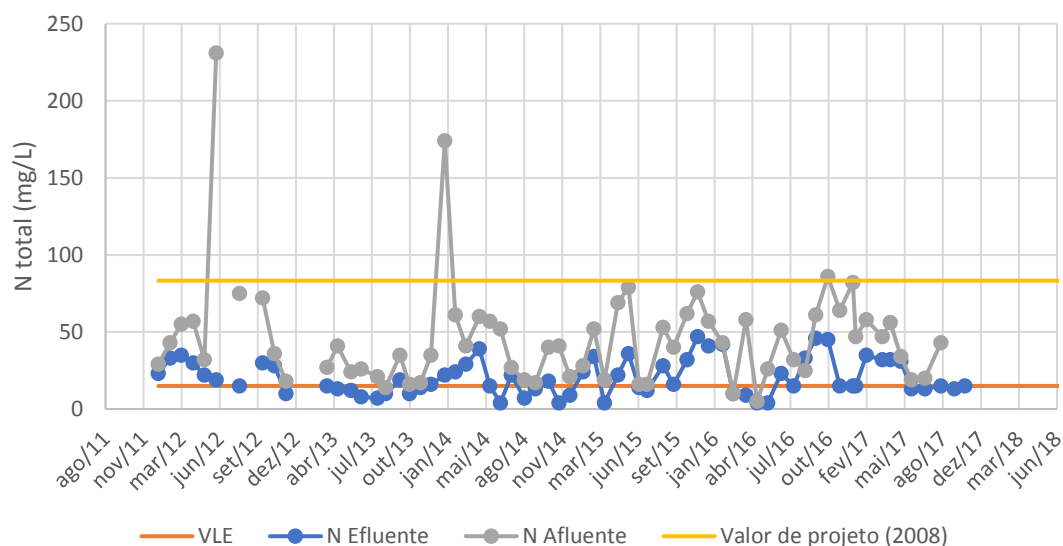


Figura 4.17 - Concentrações de N total no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Relativamente aos parâmetros de azoto total e fósforo total, identificados nas Figura 4.17 e Figura 4.18, respetivamente, apresentam uma variação elevada de concentrações. Em ambos os

parâmetros se evidenciam concentrações superiores ao valor padrão de afluência verificado para os nitratos, em junho de 2012 e abril de 2014, e para o fósforo total em janeiro e novembro de 2013. Relativamente às concentrações no efluente final, a mais alta de azoto total foi 47 mg/L em agosto de 2016 e de fósforo total, 19 mg/L em novembro de 2013.

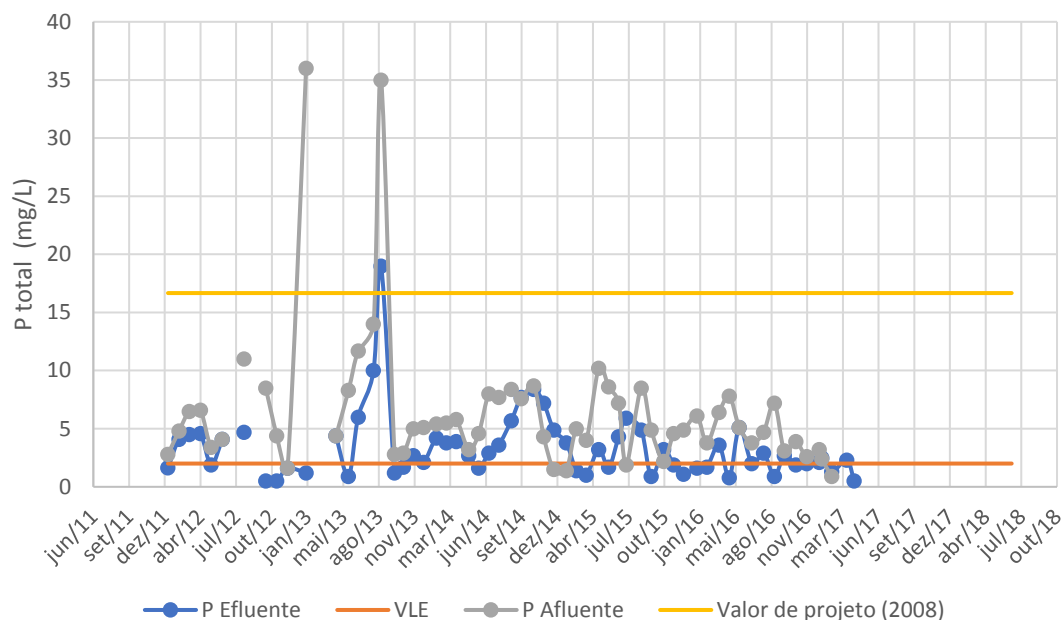


Figura 4.18 - Concentrações de P total no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Sobre os óleos e gorduras a concentração do efluente final manteve-se constante e inferior a 8 mg/L, como demonstrado na Figura 4.19.

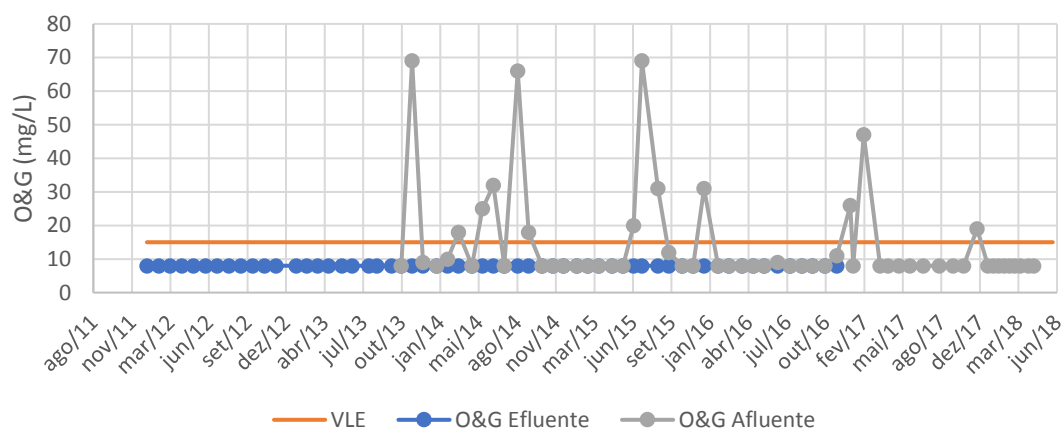


Figura 4.19 - Concentrações de O&G no afluente e efluente tratado da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Em relação à eficiência de remoção de nutrientes e matérias inorgânicas, através da observação das figuras anteriores verifica-se que, com exceção do parâmetro O&G, todos os restantes parâmetros apresentam vários resultados acima do VLE, segundo as concentrações do efluente final tratado.

Relativamente às cargas afluentes, considerando o registo de caudais identificados no subcapítulo 4.3.1.2, referentes à mesma data aquando da recolha das amostras para análise, determinaram-se as cargas de CBO<sub>5</sub>, CQO e SST, verificando que todas elas são inferiores à carga calculada em sede de projeto, para o horizonte de projeto, como exposto na Tabela 4.9 - Concentrações e cargas de dimensionamento de CBO, CQO e SST da ETAR de Tornada (Fonte: Projeto de 1988) e na Figura 4.20.

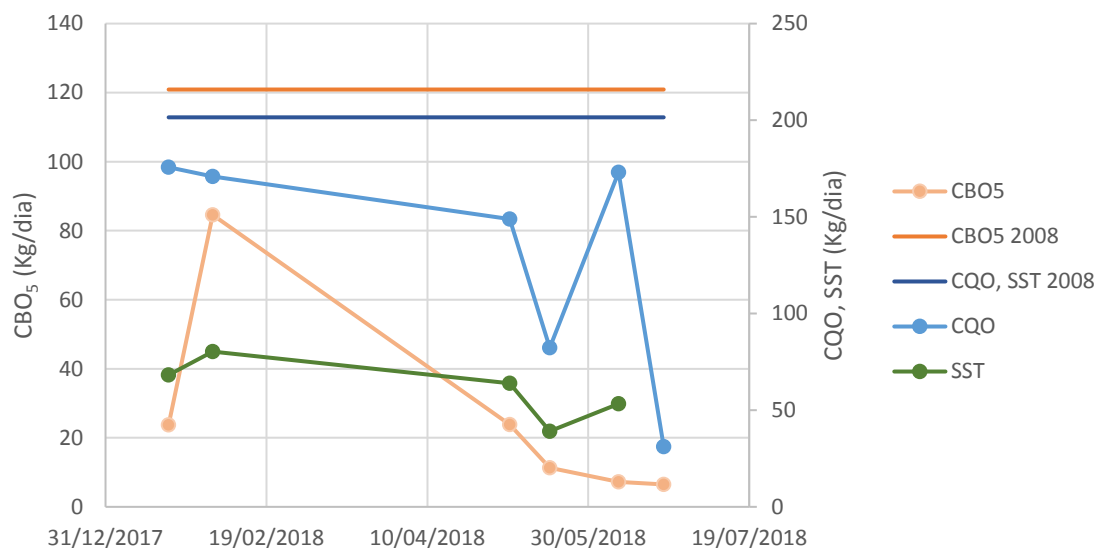


Figura 4.20 - Carga afluente à ETAR de Tornada (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Com o intuito de interpretar os resultados da qualidade da água residual tratada, na tabela abaixo apresentam-se as percentagens de incumprimentos associados às figuras anteriores. Os óleos e gorduras no tratamento de águas residuais apenas têm um valor limite de emissão (VLE).

Tabela 4.11 - Percentagem dos incumprimentos por parâmetros a respeitar na ETAR de Tornada entre 2012 e 06/2018 (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Parâmetro	Frequência dos incumprimentos (%)								N
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2012 a 06/2018	
<b>CBO<sub>5</sub></b>	8	17	18	10	0	0	0	8	76
<b>CQO</b>	8	17	33	13	0	0	0	11	74
<b>SST</b>	17	0	11	50	9	0	0	11	70
<b>N total</b>	0	13	55	64	60	45	38	39	71
<b>P total</b>	50	67	75	89	56	36	58	58	60
<b>O&amp;G</b>	-	0	0	0	0	0	0	0	58

Levando em consideração os objetivos estabelecidos pelo VLE (valor limite de emissão) e pela observação da tabela, verifica-se que o parâmetro que apresenta mais incumprimentos é o

fósforo total, com uma frequência que chega a atingir, em 2015, os 89 % das determinações efetuadas pelos SMAS de Caldas da Rainha. Em seguimento e com uma frequência elevada de 39 % de incumprimentos, aparece o azoto total, seguido do CQO e SST com a mesma frequência de incumprimento na ordem de 11%, em último, o parâmetro de O&G não tem incumprimentos.

No que se refere às eficiências de remoção observadas na ETAR, apresenta-se, na Tabela 4.12, um resumo das médias observadas entre 2012 e 2018, bem como a sua comparação com as eficiências estabelecidas no Decreto-Lei n.º152/97, de 19 de junho, relativamente à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático.

Tabela 4.12 - Médias de eficiência de remoção dos parâmetros a respeitar na ETAR de Tornada entre 2012 e 06/2018 (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Parâmetro	Médias das eficiências de remoção (%)							DL 152/97 (%)
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
CBO <sub>5</sub>	77	63	70	72	73	90	36	70 a 90
CQO	81	57	46	82	68	88	62	75
SST	68	57	66	56	82	93	73	70 a 90
N total	35	52	52	53	35	55	62	70 a 80
P total	40	51	38	21	41	56	38	80
O&G	-	33	30	26	9	15	6	-
	Eficiência elevada							
	Eficiência Média							
	Eficiência reduzida							

Tendo em consideração o parâmetro de CBO<sub>5</sub> e os dados apresentados acima, constata-se que a eficiência de remoção de CBO<sub>5</sub> no tratamento secundário variou entre um valor mínimo de 36%

no primeiro semestre de 2018 e um máximo de 90% registado no ano 2017. Quanto ao parâmetro de CQO, a eficiência de remoção apresentou o valor mais baixo no ano 2014 com 46% e o valor superior de eficiência no ano 2017. No mesmo seguimento, o parâmetro SST também apresenta uma variação entre o mínimo de 56% em 2015 e um valor máximo em 2017. O parâmetro de azoto total e fósforo total apresentam uma eficiência média e reduzida, sendo respetivamente, 62% e 38%. O parâmetro O&G apresenta os valores mais baixos, com eficiências de remoção constantemente reduzidas, apesar da sua eficiência de remoção não ser exigida no Decreto-Lei n.º152/97, de 19 de junho.

As eficiências de tratamento no ano de 2017 foram até ao momento as mais elevadas, sempre superiores ao valor pretendido pelo regulamento. Contudo, verifica-se que todos os parâmetros apresentam maus resultados, denotando-se um funcionamento deficiente da ETAR face às condições de afluência, isto é, as eficiências de remoção reduzidas estão relacionadas com a concentração do caudal afluente ao tratamento secundário que, por sua vez já tem concentrações bastante reduzidas apresentando características semelhantes a um efluente já tratado. Tal está relacionado com o aumento de caudal na época húmida e consequentemente uma redução da concentração dos parâmetros no afluente, evidenciada por exemplo no parâmetro de CBO<sub>5</sub> e O&G.

Corroborando a tabela anterior e tendo em consideração o Decreto-Lei n.º152/97, de 19 de junho que estabelece um mínimo de eficiência de remoção para os parâmetros analisados, observando a Tabela 4.13 constata-se que estes valores mencionados na tabela acima não foram inteiramente alcançados durante o período estudado, sendo que 28% dos valores relativos ao parâmetro CBO<sub>5</sub> não satisfizeram as condições de remoção, tal como os parâmetros CQO e SST com 38% e 16%, respetivamente.

Tabela 4.13 - Percentagem de meses de incumprimentos de eficiência para os parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO E SST (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Parâmetro	n de meses com incumprimento de eficiência	Total de meses	%
<b>CBO<sub>5</sub></b>	20	71	28
<b>CQO</b>	25	66	38
<b>SST</b>	9	57	16
<b>N total</b>	51	62	82
<b>P total</b>	54	58	93

De forma geral, observa-se que, nos anos de 2013, 2014 e 2015, os valores estão acima do que está legislado. Nos anos seguintes houve uma melhoria da qualidade do efluente. Esta alteração ocorreu devido a um aviso por parte da APA - Agência Portuguesa do Ambiente, que alertou para parâmetros com resultados de análise superiores ao imposto por lei. Assim, passou-se a fazer a manutenção e limpeza da ETAR diariamente, bem como a passagem das lamas em excesso



para os leitos de secagem passou a ser realizada com mais regularidade – todos os dias excetuando domingo. Antes a passagem de lamas em excesso para leitos de secagem era efetuada apenas uma a duas vezes por semana, permitindo que as lamas em excesso aumentassem dentro do decantador secundário e fazendo que, aquando da análise do efluente, este apresentasse resultados fora do normal, requerendo muito controlo por parte dos operadores das ETAR. Uma vez que não existe um operador designado só para a ETAR de Tornada – apenas a ETAR de Caldas da Rainha tem operadores 24h por dia – muita é a dificuldade por parte dos operadores para manter os resultados requeridos por parte das entidades reguladoras.

Embora a eficiência dos parâmetros de azoto total e fósforo total apenas serem requisitadas para estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização, e como o ponto de descarga da ETAR de Tornada não pertence a nenhuma zona com características sensíveis, como anteriormente referido no ponto 4.2.1, segundo o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, o regulamento atribui concentrações máximas de descarga para compostos de azoto e fósforo, os quais se consideram um parâmetro de controlo.

Segundo a Licença da APA, os parâmetros fósforo total e azoto total não necessitam estar dentro dos conformes do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto. Contudo os valores de Azoto Total são superiores aos valores de limite de descarga, como podemos verificar nas figuras anteriores.

#### 4.3.1.3.1 Relação CBO<sub>5</sub>/CQO

Relativamente ao valor da relação CBO<sub>5</sub>/CQO pode-se especular, na Figura 4.21, que, para as amostras sujeitas à determinação destes parâmetros, a hipótese de o caudal apresentar a mesma origem ao longo dos períodos de funcionamento da ETAR de Tornada, assumindo que o caudal afluente à ETAR apresenta características similares ao longo do tempo e correspondendo a um desvio padrão de 0,09 aproximadamente e uma média de 0,3 tendo em conta as amostras consideradas.

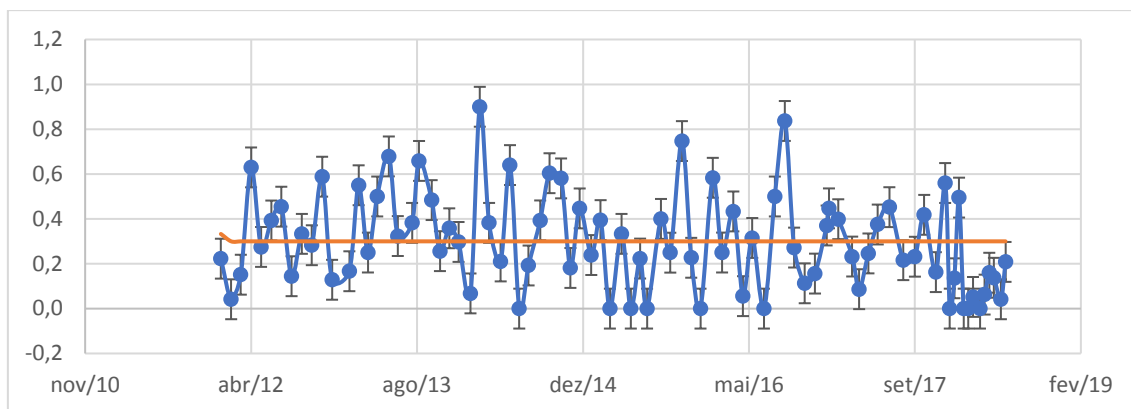


Figura 4.21 - Relação de CBO<sub>5</sub>/CQO no afluente da ETAR (2012 a 06/2018) (Fonte: Controle analítico SMASC)

#### 4.3.1.3.2 Características do tratamento secundário na vala de oxidação

Em relação às características da vala de oxidação, a recolha da amostra composta é realizada num ponto de amostragem bastante arejado, isto é, logo após a passagem do afluente pelo rotor, como demonstrado na figura abaixo.



Figura 4.22 - Imagem da recolha de amostra na vala de oxidação

Os parâmetros de controlo avaliados na ETAR de Tornada no interior da vala de oxidação foram identificados na Tabela 4.14, bem como os seus valores de controlo.

Tabela 4.14 - Parâmetros de controlo na vala de oxidação da ETAR de Tornada (Fonte: Controle analítico SMASC)

Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Temperatura (°C)	16	16	17	17	18	20
pH	7	7	7,2	7,2	7,2	7,3

<b>Sólidos Sedimentáveis 2h. (mL)</b>	200	300	70	50	150	6
<b>Sólidos Sedimentáveis 5h. (mL)</b>	140	10	56	40	140	70
<b>SST (mg/L)</b>	780	810	860	580	900	600
<b>SSV (mg/L)</b>	680	760	600	420	740	350
<b>OD (mg/L O<sub>2</sub>)</b>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	6,6	< 0,5	< 0,5

Nos registos de temperatura identifica-se uma ligeira subida, permanecendo nos 17°C, aproximadamente, no inverno (de janeiro a março) e nos meses de abril a junho de 19°C, como mencionada na Situação de referência e evidenciado na figura seguinte.

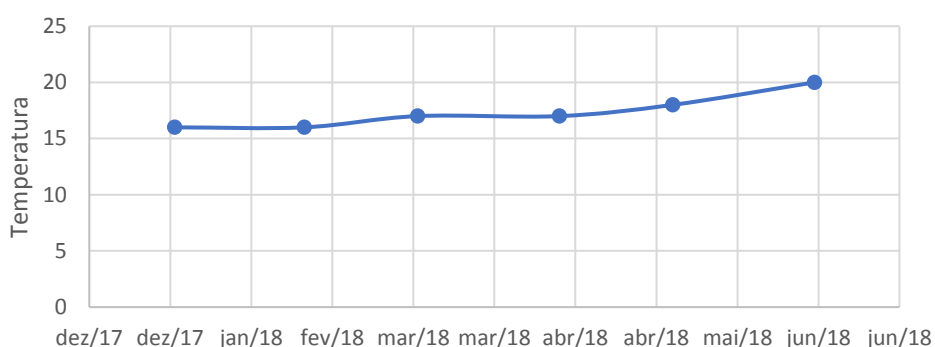


Figura 4.23 - Variação da temperatura na Vala de Oxidação (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Em relação ao pH da água residual na vala de oxidação, como se pode ver na figura abaixo, a variação do pH não teve significado durante o período de recolhas de amostras.

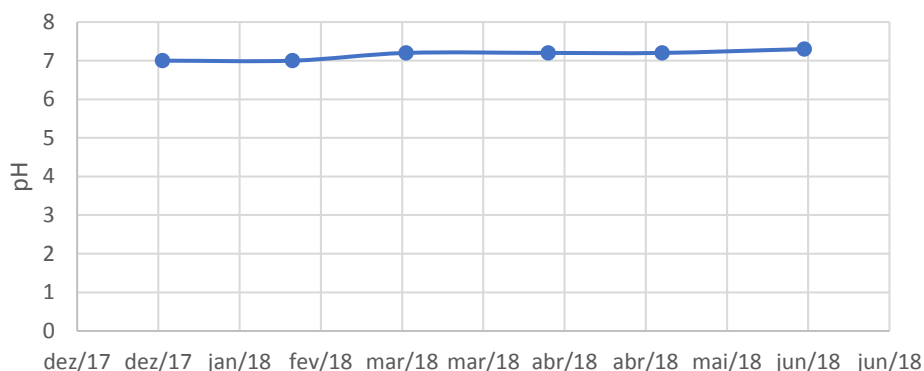


Figura 4.24 - Variação do pH na Vala de Oxidação (Fonte: Controlo analítico SMASC)

Interpretando os dados da temperatura e pH verifica-se que estes se encontram dentro do intervalo designado para as condições do tratamento de água residuais em lamas ativadas e regime prolongado.

Relativamente aos valores de sólidos sedimentáveis, a 2h e 5h de sedimentação, este controlo é efetuado com o intuito de ter uma perceção da velocidade de sedimentação das lamas

ativadas. Segundo o projeto base, o decantador secundário, DS foi dimensionado para um tempo de retenção de 2,5h, e considerando um fator de ponta de 4, o tempo de sedimentação das partículas poderia chegar a 10h, com a uma carga hidráulica de  $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$ .

A partir das amostras e segundo os parâmetros de controlo SSV e SST, calculou-se o F/M e fv (carga volúmica), admitindo as cargas de afluência à vala de oxidação. Na Tabela 4.15, mostram-se os valores reais de SSV e SST bem como os parâmetros de dimensionamento F/M e fv.

Tabela 4.15 - Parâmetros de controlo de dimensionamento da ETAR de Tornada

Parâmetros de controlo				
Data	SST	SSV	F/M	fv
	mg/L	mg/L	kg CBO <sub>5</sub> / kg MVS.dia	kg CBO <sub>5</sub> / m <sup>3</sup> .dia
janeiro	780	680	0,03	0,018
fevereiro	810	760	0,09	0,069
março	860	600	0,09	0,052
abril	580	420	0,23	0,095
maio	900	740	0,02	0,011
junho	600	350	0,01	0,004

Conclui-se, mais uma vez, que a estação não se encontra a funcionar como desejado, pois, os parâmetros de dimensionamento do reator se encontram fora do seu intervalo em relação aos valores típicos para um processo de lamas ativadas numa vala de oxidação. Em correlação com a tabela acima e com os valores característicos do processo de lamas ativadas, numa vala de oxidação que estão expressos na Tabela 4.7 da Situação de referência, verifica-se que apenas os valores dos meses de fevereiro, março e abril se encontram mais próximos dos valores desejados para o F/M e apenas no mês de abril para a carga volúmica. No que toca à concentração de SST (sólidos suspensos totais) em nenhum dos meses ocorreu uma aproximação das concentrações ao valor mínimo pretendido.

Analogamente o tempo de retenção hidráulico no reator, considerando os dados referentes a 2018, este critério é de 8h, estando no limite inferior de valores aconselháveis.

Os valores de oxigénio dissolvido obtidos são bastante reduzidos, como mostra na Tabela 4.14. Apenas no mês de abril é que o valor de oxigénio dissolvido não foi praticamente nulo. Conclui-se que os equipamentos de fornecimento de oxigénio utilizados na ETAR não satisfazem as condições de fornecimento intensivo necessárias para a produção de um efluente final de boa qualidade.



## 4.3.2 Caracterização da fase sólida

### 4.3.2.1 Situação de referência

Os leitos de secagem são de forma retangular e com uma estrutura de tijolo ou betão armado. No seu interior, contém uma camada drenante e um meio filtrante que é constituída por camadas de pedras de granulometrias diferentes (LOUREIRO, 1982).

As principais vantagens dos leitos de secagem são o seu baixo custo de investimento e de operação, boa eficiência de desidratação, e nenhuma necessidade de energia, bem como o facto de eles poderem ser construídos e reparados com materiais disponíveis nos mercados locais, ou seja, tem baixos custos de manutenção e podem gerar receita para compensar os custos de tratamento, através da fertilização do solo e recuperação de recursos agrícolas. Motivo pelo qual o tratamento de lamas produzidas no tratamento de águas residuais pode ser a solução mais viável em países em desenvolvimento e/ou com baixo poder económico e para um número de habitantes equivalentes inferior a 10 mil (Gueye *et al.*, 2016; Kengne *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2017).

Porém esta técnica de desidratação também apresenta restrições, nomeadamente o elevado requisito de terra, odores característicos e abundância de insetos voadores, as moscas, redução limitada de patogénica e a necessidade de tratamento adicional da parte líquida (Singh *et al.*, 2017).

As lamas desidratadas provenientes da desidratação dos leitos de secagem são caracterizadas por uma separação sólido-líquido de 60% a 80% do volume inicial, isto é ainda estão num estado muito líquido (Koné, Cofie e Nelson, 2010).

### 4.3.2.2 Situação Atual

O tratamento da fase sólida na ETAR de Tornada é parcialmente realizado através de leitos de secagem, sendo constituída por 4 unidades de desidratação e correspondendo a um volume total máximo de ocupação de lamas em excesso de 113 m<sup>3</sup>.

A ETAR de Tornada apresenta um tratamento por lamas ativadas em regime de arejamento prolongado, sendo que as lamas são retiradas do fundo do decantador secundário e armazenadas temporariamente, nos antigos leitos de secagem, que atualmente funcionam como tanques de armazenamento, estimando-se um aumento da concentração das mesmas para o dobro, aproximadamente 0,8 % para 1,6 %.

As lamas são retiradas do fundo do decantador secundário, quando estas não vão para a vala de oxidação. A válvula que permite a bombagem das lamas para a desidratação é a mesma que realiza a recirculação, sendo uma válvula de seccionamento comandada por um volante, montado diretamente sobre o fuso, como ilustrado na Figura 4.25.



Figura 4.25 – Vista do local da câmara de visita onde está instalada a válvula de seccionamento, juntamente com o volante (montado)

Por hora existem duas recirculações de lamas em excesso, do decantador secundário para a vala de oxidação e cada uma demora cerca de quarenta e cinco minutos desde o arranque da bomba até à paragem da mesma. Aquando da presença do operador na ETAR de Tornada, esta operação é interrompida dando-se o enchimento de pelo menos um leito de secagem. Uma vez por dia, com exceção de domingo, existe uma descarga de lamas do DS para os leitos de secagem.

Através do controlo dos SMAS de Caldas da Rainha é possível determinar o volume de lamas secundárias já desidratadas que são transportadas da ETAR de Tornada e inseridas na câmara de visita a montante da obra de entrada da ETAR de Caldas da Rainha, como visualizado na Figura 4.26 e Figura 4.27 - Depósito de lamas desidratadas na câmara de visita a montante da obra de entrada da ETAR de Caldas da Rainha. Contudo a inserção de lamas desidratadas provenientes das restantes ETAR de menor dimensão, como a de Tornada, deveriam ser realizadas no início da fase sólida do sistema de tratamento de lamas secundárias da ETAR de Caldas da Rainha, nomeadamente a montante do espessador gravítico, devido ao estado de degradação a que as lamas se encontram neste ponto do processo.





Figura 4.26 – Recolha de lamas desidratadas dos leitos de secagem da ETAR de Tornada



Figura 4.27 - Depósito de lamas desidratadas na câmara de visita a montante da obra de entrada da ETAR de Caldas da Rainha

De momento esta é a situação evidenciada, tanto que as lamas transportadas pela cisterna podem conter resíduos que podem condicionar o bom funcionamento do espessador gravítico. A recolha de lamas é realizada segundo um circuito definido pelo encarregado responsável, e muitas vezes, o mesmo depósito contém lamas desidratadas de várias estações de tratamento. No caso da ETAR de Tornada, os resíduos que podem ser recolhidos involuntariamente, são folhas de eucalipto que caem dentro dos leitos de secagem, visto que a ETAR está localizada



junto a um eucaliptal. Estas folhas, por sua vez, ficariam retidas na obra de entrada da ETAR de Caldas da Rainha, não prejudicando o tratamento a jusante.

Em acréscimo, o local de colocação de lamas desidratadas através da cisterna, localizado antes do espessador gravítico, não é de funcionalidade prática, sendo de difícil manuseamento por parte dos operadores. Na Figura 4.28, podemos visualizar o local designado para a descarga de lamas, bem como o ponto de encaixe da mangueira da cisterna na válvula correspondente.



Figura 4.28 - Caixa de recepção de lamas afluentes ao espessador gravítico

A utilização dos leitos de secagem corresponde a uma redução de volume de lamas em cerca de 75%. O sistema de funcionamento usado pelos Serviços Municipalizados consiste no enchimento dos leitos de secagem alternadamente. Nos dias seguintes, o operador recorre ao sistema de esvaziamento dos mesmos, nos quais as escorrências que permanecem no fundo do leito de secagem são desviadas para o interior da vala de oxidação.

Nas Figura 4.29 e Figura 4.30, é possível ver o volume de lamas desidratadas durante os últimos 5 anos, sendo que em 2018 os dados de controlo são apenas até o mês de junho, e mensalmente ao longo dos anos, sendo transportadas para a ETAR de Caldas da Rainha.

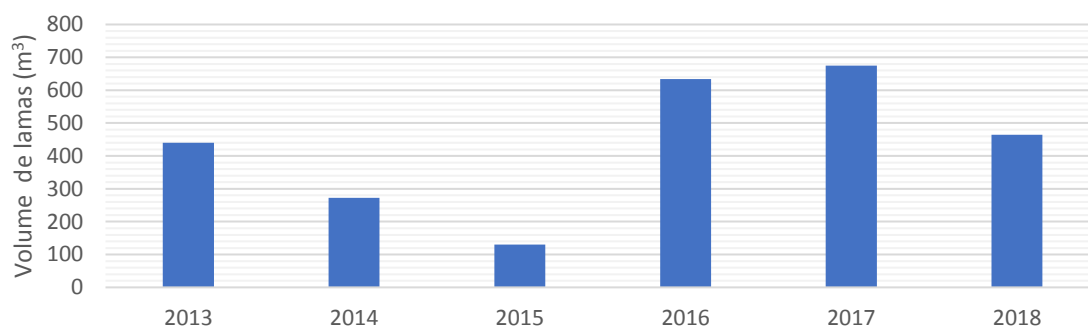


Figura 4.29 – Volume de lamas por ano (Fonte: SMAS de Caldas da Rainha)

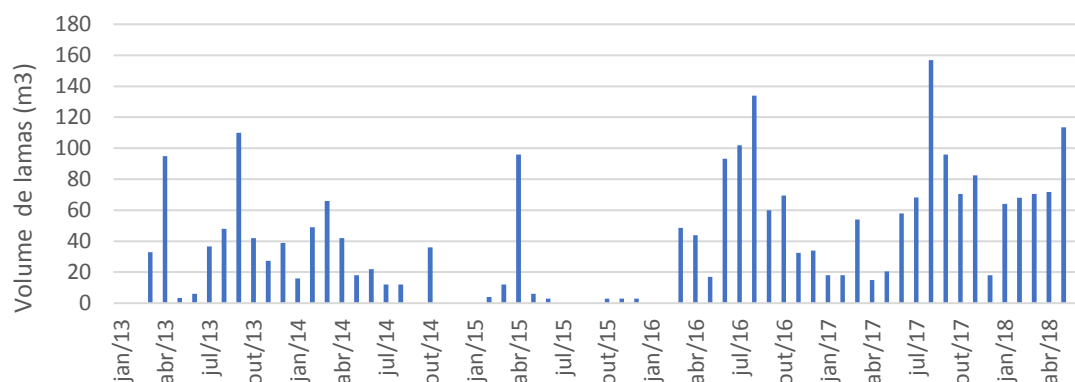


Figura 4.30 - Volume de lamas desidratadas durante cada mês, de 2013 a 006/2018 (Fonte: SMAS de Caldas da Rainha)

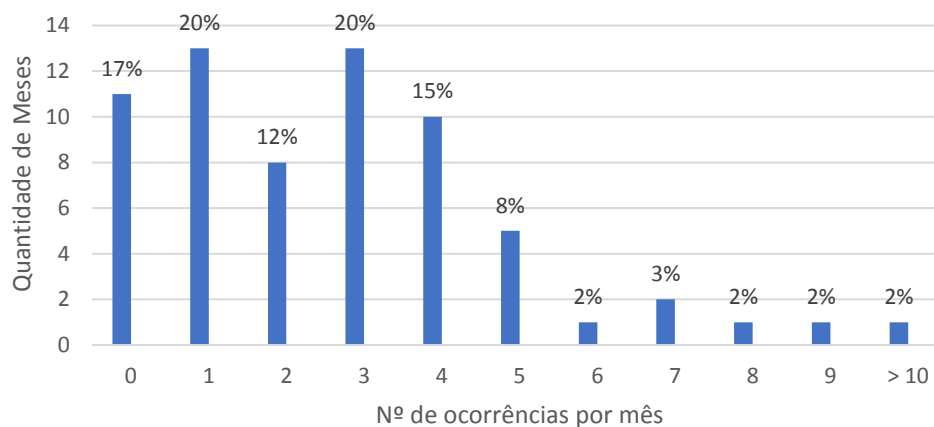


Figura 4.31 - Número de ocorrências mensais de transporte de lamas para a ETAR de Caldas da Rainha

Através da Figura 4.31 - Número de ocorrências mensais de transporte de lamas para a ETAR de Caldas da Rainha, é possível interpretar o número de recolhas de lamas desidratadas efetuadas com a cisterna de 6,4 m³ de capacidade máxima e a totalidade de meses em que o número de recolhas foi o mesmo. Por exemplo, houve 13 meses em que apenas ocorreu uma

recolha de lamas em cada mês, correspondendo a 20% das recolhas efetuadas, embora estas 13 recolhas tenham o mesmo volume de lamas carregadas.

Uma vez que a fase sólida é composta por 4 leitos e considerando que no máximo deveriam ocorrer uma carga de lamas mensal por cada leito, consequência do tempo mínimo de retenção de um mês, conclui-se que 84% das vezes que recolhem lamas dos leitos de secagem equivale a um número de ocorrências inferior ou igual a 4 vezes. Esta frequência está no limite de levantamentos mensais, sendo cada uma das vezes para um leito de secagem diferente.

Tal situação verifica-se devido à qualidade e ponto de maturação das lamas, levando a que o processo de lamas usado seja prático e de forma eficiente.

Segundo a definição original de leitos de secagem, mencionada na Situação de referência, estes são constituídos por uma camada filtrante na qual ocorre a filtração das lamas secundárias, onde as lamas outrora secundárias permanecem na superfície do leito de secagem e que a componente mais líquida passa pelo filtro saído pela parte inferior dos leitos de secagem.

Contudo, atualmente este método de funcionamento não é verificado, visto que os leitos de secagem se encontram incompletos, isto é, a camada filtrante do leito é inexistente. Isto leva a que os leitos de secagem apenas sejam preenchidos na sua totalidade por lamas secundárias e tenham a funcionalidade de armazenamento.

Os registos de meses como um levantamento de lamas superior a 4 vezes devem-se à falta de coordenação por parte dos operadores, bem como o seu relacionamento com os meses de inverno e alguma intensidade de precipitação, de forma a responder às necessidades do sistema.

É de notar que com um volume de  $113 \text{ m}^3$  de capacidade de secagem de lamas, sendo que cada leito de secagem tem  $28 \text{ m}^3$  de capacidade máxima, juntamente com a capacidade da cisterna de  $6,4 \text{ m}^3$  e considerando uma redução de lamas de cerca de 75%, sendo o remanescente de lamas desidratadas de 25% da capacidade máxima do leito de secagem, pode-se calcular que sensivelmente para cada leito de secagem é necessário recolher 2 vezes, de forma a deixar o leito de secagem vazio e pronto para a sua limpeza como demonstrado na Figura 4.32, por parte dos operadores.

Assim, no intervalo de tempo de um mês, o número de idas mínimo à ETAR de Tornada para a recolha de lamas desidratadas, provenientes dos leitos de secagem, é de oito, sendo que apenas removem lamas de um leito de cada vez.



Figura 4.32 - Limpeza e manutenção de um leito de secagem

## 5 Diagnóstico do estado atual de funcionamento

Após o estudo das características dos parâmetros de avaliação e controlo da ETAR de Tornada, pareceu relevante expor a situação atual da ETAR identificando os problemas que afetam o bom funcionamento da mesma.

Em relação ao sistema de tratamento de águas residuais urbanas implantado na ETAR é de salientar a ausência de tratamento preliminar na fase líquida do sistema, devendo este ser constituído por uma obra de entrada, que inclui uma gradagem, medição de caudal, descarregador de tempestade, desarenamento/desengordurador, com o propósito de diminuir a presente quantidade de espumas e gorduras na vala de oxidação.

O tratamento preliminar é uma etapa essencial para a remoção de areias bem como de óleos e gorduras, sendo este um dos problemas fulcrais e atuais para o bom funcionamento da ETAR. A acumulação de gorduras e espumas na superfície da vala da oxidação condiciona o tratamento, dificultando a eficiência das transferências de oxigénio, chegando ocasionalmente a formar uma camada de um palmo de altura de óleos e gorduras (escumas). Na Figura 5.1 podemos verificar a situação em causa. Consequentemente, o operador com os métodos conhecidos realiza uma tentativa para dispersar as substâncias da superfície da vala de oxidação. Os métodos utilizados atualmente são designadamente a colocação de polieletrólito na sua superfície, bem como a projeção de jatos de água de forma a fomentar a sua dissolução.





Figura 5.1 – Imagens de vários graus de acumulação de gorduras e óleos na vala de oxidação

Em simultâneo com a técnica de dispersão das escumas, a limpeza e manutenção dos órgãos é realizada, com eventuais problemas de segurança para os operadores (Figura 5.2).



Figura 5.2 - Limpeza dos auto-aspirantes na vala de oxidação



Outro problema prioritário de resolução é a recolha de resíduos presentes na água residual a ser tratada, bem como no efluente final. A ausência de uma barreira física a montante do tratamento secundário provoca um acumular de resíduos na caixa de saída do efluente na vala de oxidação, tal como no clarificado do decantador secundário resíduos urbanos, como demonstrado na Figura 5.3 e Figura 5.4. Os resíduos removidos manualmente pelo operador da ETAR são encaminhados pelo mesmo para a ETAR de Caldas da Rainha, devido à ausência de um contentor para colocar os resíduos provenientes da limpeza dos órgãos, mais especificamente, do decantador secundário e da saída da vala de oxidação, como ilustrado na mesma Figura 5.3 na fotografia de vista lateral.



Figura 5.3 - Caixa de saída do efluente da vala de oxidação



Figura 5.4 - Clarificado final na ETAR de Tornada com vista aérea e lateral do DS

Outro tópico relevante nas instalações é o aumento da rede de drenagem afluente à ETAR, levando ao aumento do caudal afluente à mesma, juntamente com as condições ambientais,

tendo em atenção a época húmida, uma vez que a rede está definida como mista, conduzindo a uma exploração acima do limite da sua capacidade.

O caudal de ponta apenas influencia o comportamento do decantador secundário com o aumento de carga hidráulica dificultando a separação sólido-líquido no órgão, provocando o aparecimento de flocos de grandes dimensões na superfície do clarificado. Na Figura 5.5, podemos verificar tal acontecimento.



Figura 5.5 - Decantador secundário com a presença de flocos de grandes dimensões à superfície



## 6 Recomendações para um melhor funcionamento da ETAR

Segundo os dados fornecidos pelos SMAS de Caldas da Rainha e da recolha de informação, a partir de visitas efetuadas à ETAR, deduziu-se que é essencial estudar alternativas para responder aos problemas atuais da ETAR. A chegada do afluente à ETAR por bombagem, uma deficiente decantação secundária, a inexistência de obra de entrada, entre outros justificam a necessidade de reabilitação, com vista a resolver estes problemas no presente capítulo são sugeridas algumas soluções para responder a esse propósito.

### 6.1 Recomendações gerais de segurança e saúde no trabalho

Trabalhar numa estação de tratamento de águas residuais pode colocar em risco a segurança dos operadores, devido às infraestruturas operacionais existentes, sendo que a higiene e segurança no local de trabalho são um ponto fundamental para o bom funcionamento da mesma.

Tendo em conta a segurança da ETAR esta encontra-se vedada nos seus limites e com um portão de serviço que apenas é aberto pelos operadores responsáveis pela mesma. Em termos de iluminação, a ETAR está equipada para o período noturno, auxiliando a vigilância escassa que existe nas instalações.

Segundo as atividades operacionais realizadas por parte dos operadores, nomeadamente a limpeza e manutenção dos equipamentos, os operadores necessitam de ter no local de trabalho instrumentos de auxílio para sua segurança, bem como formações de instrução quanto às medidas preventivas de carácter individual que devem ser adotadas para prevenir a ocorrência de acidentes no interior da ETAR. Como exemplo específico, aquando da recolha de lamas dos leitos de secagem, ocasionalmente, pode ocorrer o derrame de lamas, por sua vez, estas podem entrar em contacto direto com os operadores, o que deveria ser evitado.

Do ponto de vista da ETAR de Tornada, tendo como foco os órgãos instalados na mesma, na Tabela 6.1 identificam-se os riscos associados ao tratamento da fase líquida e sólida, segundo a operação de tratamento nos órgãos e equipamentos designados, assim como algumas medidas de prevenção. Como é óbvio as medidas aqui identificadas, bem como os riscos existentes, são, em muitos casos, próprios deste tipo de instalações.

Tabela 6.1 - Riscos associados ao tratamento da fase líquida e sólida na ETAR de Tornada (Fonte: Correia, 2002)

Operação	Riscos Associados	Mediadas de Prevenção
<b>Tratamento biológico:</b> <b>Tanque de lamas</b> <b>ativadas – Vala de</b> <b>oxidação e</b> <b>equipamentos</b> <b>associados</b>	Formação de aerossóis através da utilização de arejadores (por via respiratória, cutânea ou através das mucosas) podem potenciar riscos infecciosos por exposição aos agentes biológicos presentes na água residual; Escorregamentos, quedas, eletrocussão, afogamento e maus cheiros.	Guarda- corpos na periferia dos decantadores e/ou sobrelevar os muros exteriores;
<b>Tratamento biológico:</b> <b>Decantação e</b> <b>equipamentos</b> <b>associados</b>	Quedas (por exemplo, passadiços, plataformas e escadas inadequadas); Eletrocussão, maus cheiros, afogamento; Exposição a agentes químicos (que decorrem da utilização de reagentes químicos); Exposição a agentes biológicos (água residual não tratada);	Superfícies antiderrapantes, escadas e corrimões robustos; Uso de equipamento individual de proteção adequado, nomeadamente luvas para proteção de cortes, contusões e infeções e, cintos de segurança ligados por cabo a pontos de amarração sólidos e acessíveis em caso de resgate;
<b>Tratamento da fase</b> <b>sólida -</b> <b>Leitos de secagem</b>	Manuseamento de produtos químicos (corrosão e queimaduras); Incêndios e/ou explosão, odores e formação de atmosferas perigosas; Exposição a agentes biológicos (contaminação biológica); Acidentes (escorregamentos e quedas), eletrocussão, aprisionamento, afogamento e ruído.	Todo o espaço envolvente deve ser mantido limpo e ordenado, livre de detritos; Existência de bóias e varas à volta dos tanques.

Na tabela abaixo é possível verificar situações de risco, em cada órgão da estação de tratamento, bem como as medidas a implementar.

Tabela 6.2 - Análise de riscos e contenções na ETAR de Tornada (Fonte: Ministério da Administração Interna, 2008; Vieira, Correia, & Jos, 2002)

<b>Local</b>	<b>Identificação da situação de risco</b>	<b>Riscos associados</b>	<b>Medidas a implementar</b>
<b>ETAR</b>	Inexistência de sinalização de segurança.	Desconhecimento da atuação de emergência.	Instalação de sinalização de emergência.
<b>Vala de Oxidação</b>	Ineficácia da proteção contra quedas; Inexistência de meios de salvamentos;	Quedas e afogamentos	Deve ser retirado o acesso existente na rede envolvente de modo a que todos os trabalhos sejam efetuados do exterior da mesma.
<b>Decantador secundário</b>	Falta de meios de combate a incêndio; Inexistência de meios de salvamentos; Ineficácia da proteção contra quedas; Inexistência de suporte para mangueira; Guarda corpos em mau estado.	Quedas e afogamentos	Colocação de extintor no local; Instalação de meios de salvação (e.g. bóias de salvação); Deve ser retirado o acesso existente na rede envolvente de modo a que todos os trabalhos sejam efetuados do exterior da mesma.
<b>Leitos de secagem</b>	Insuficiente proteção contra quedas.	Queda	Deve ser instalada proteção contra quedas para os leitos de secagem.



## 6.2 Recomendações de exploração

### 6.2.1 Identificação de soluções alternativas à ETAR de Tornada

#### 6.2.1.1 Diminuição da rede de saneamento afluyente à ETAR de Tornada e desvio para a ETAR de Caldas da Rainha.

Deve ser considerada a diminuição do caudal afluyente à ETAR de Tornada através de um desvio de caudal, que deverá ser encaminhado para a ETAR de Caldas da Rainha, é necessário estabelecer critérios, de forma a escolher a melhor opção do ponto de vista económico e de energia. Assim, os critérios tidos em conta, por ordem de importância, são nomeadamente os seguintes:

1. Possibilidade de desvio de caudal através de um ou mais estações elevatórias de água residual;
2. Distância do desvio a impor;
3. Perfil do terreno/altura manométrica – ponto de vista técnico,
4. Coletores existentes,
5. Capacidade dos coletores existentes,
6. Necessidade de construção de mais coletores e estações elevatórias,

As hipóteses apresentadas na tabela acima, foram selecionadas tendo em conta os critérios mencionados anteriormente neste ponto. A hipótese 1 corresponde ao desvio do caudal que intersesta a EN8, proveniente das estações elevatórias do Vale do Coto e Coto, para a estação elevatória do Cortiço que, por sua vez, bomba o caudal para a estação elevatória do Campo que já pertence à rede de saneamento que aflui à ETAR de Caldas da Rainha.

A diferença entre a hipótese 1.1 e 1.2 é apenas o sistema da rede de saneamento que pode ser implementada, sendo que na hipótese. 1.1 o percurso exige a instalação de mais uma estação elevatória e na hipótese 1.2 a estação elevatória do Cortiço passa a responder às diferenças da altura manométrica do terreno, provocando a possível alteração da potência das bombas instaladas. De referir que tendo em conta a distância do desvio da rede de saneamento a hipótese 1.1 é excluída, evidenciando a hipótese 1.2 como a mais favorável. Na Figura 6.1 a rede de saneamento referente às hipóteses 1.1 e 1.2 pode ser visualizada.



Figura 6.1 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 1 (Fonte: Google Earth)

As restantes hipóteses sugeridas na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** consideram um ponto de conexão entre a rede de saneamento de Tornada com a rede de saneamento de Caldas da Rainha, na Estrada Nacional EN360, junto ao entroncamento principal da localidade.

A hipótese 2, visualizada na figura abaixo, considera um desvio do caudal elevado da E.E Coto para a rede de saneamento de Caldas da Rainha.



Figura 6.2 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 2 (Fonte: Google Earth)



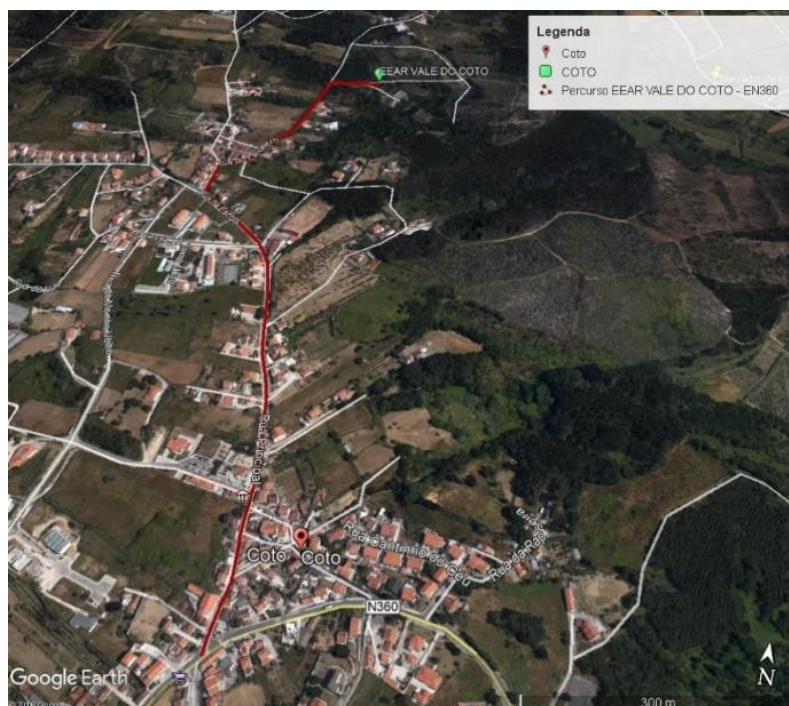


Figura 6.3 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 3 (Fonte: Google Earth)

A hipótese 3, representada na Figura 6.3, considera um desvio do caudal elevado da E.E do Vale do Coto diretamente para a câmara de visita da estrada principal, sendo que a hipótese 4, demonstrada na Figura 6.4, consiste na junção da hipótese 2 e 3 tal que, numa câmara de visita, exista a união dos dois caudais provenientes das duas estações elevatórias.

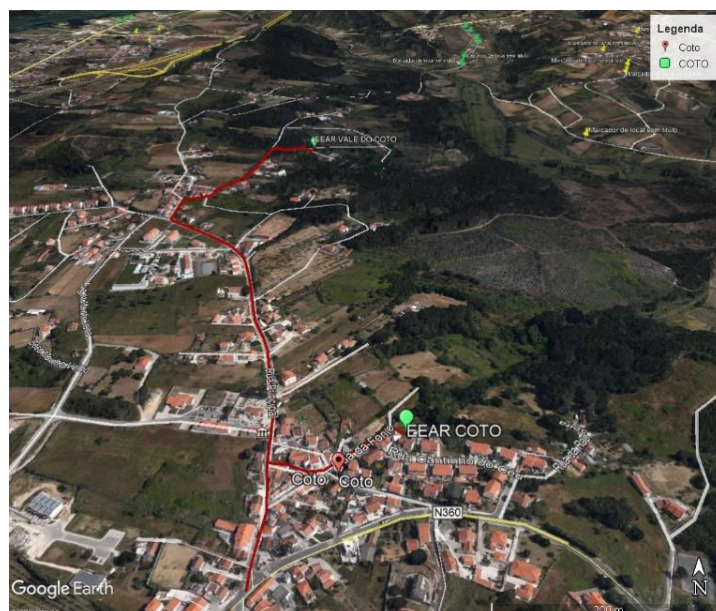


Figura 6.4 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 4 (Fonte: Google Earth)

Por último, a hipótese 5 baseia-se na elevação do caudal de E.E do Vale do Coto para a E.E do Coto e, consequentemente, a elevação do mesmo para a rede de saneamento de Caldas da

Rainha, visto que o caudal na rede de saneamento de Caldas da Rainha vai por queda até à estação de tratamento de Caldas da Rainha.

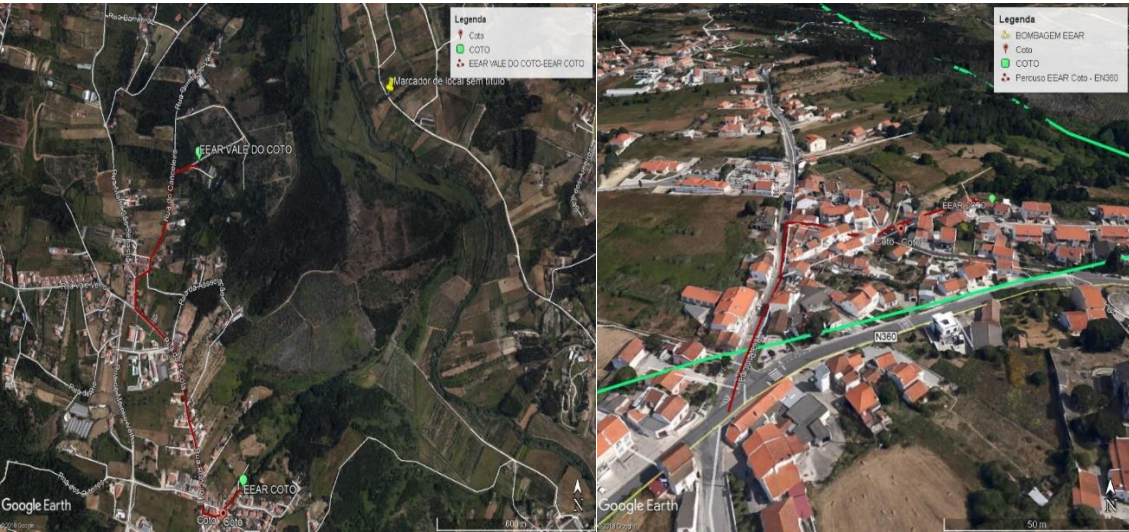


Figura 6.5 - Imagem satélite com a rede de saneamento a implementar, para a hipótese 5 (Fonte: Google Earth)

Tendo em conta os critérios mencionados e a descrição das hipóteses seleccionadas na Tabela 6.3 - Hipótese para diminuir a afluência de caudal à ETAR de Tornada encontra-se uma síntese das mesmas.

Tabela 6.3 - Hipótese para diminuir a afluência de caudal à ETAR de Tornada

	Altura Manométrica Máxima (m)	Distância Parcial (Km)	Distância Total (km)	Tipo de escoamento	Redução de População (hab.)	Q (m3/d)
Hipótese 1.1	7	0,317	1,17	Elevado	1 713	247
	6	0,354		Gravítico		
	6	0,188		Elevado		
	13	0,311		Gravítico		
Hipótese 1.2	13	0,859	1,17	Elevado	1 713	247
	13	0,311		Gravítico		
Hipótese 2	17,6	0,316	0,316	Elevado	508	73
Hipótese 3	54,3	1,33	1,33	Elevado	259	37
Hipótese 4	54,3	1,447	1,447	Elevado	767	110
Hipótese 5	50	1,22	1,676	Elevado	767	110
	12	0,14		Gravítico		
	17,6	0,316		Elevado		



Segundo a tabela acima comparando a população servida que pode ser desviada da ETAR de Tornada, juntamente com o caudal correspondente à população que abrange cada hipótese, conclui-se que a hipótese que faculta um maior desvio do caudal é a hipótese 1 que abrange os aglomerados de Caldas da Rainha, Coto, Vale do Coto e maior parte de Tornada. Em segundo lugar está a hipótese 4 considerando a distância do percurso a realizar e o caudal correspondente, seguindo a hipótese 5 com apenas uma diferença de comprimento de percurso; por último estão as hipóteses 2 e 3, correspondentes ao desvio da E.E do Coto e do Vale do Coto.

Numa segunda fase requerem-se estudos de dimensionamento dos coletores que já existem e a necessidade de dimensionar e implementar mais coletores, bem como os custos económicos associados. Em anexo é possível verificar os perfis de elevação do terreno e da rede de drenagem de águas residuais alteradas, captados no programa Google Earth.

#### 6.2.1.2 Introdução de um tanque de retenção

Com a intenção de controlar os caudais afluentes à ETAR, e o objetivo de manter o nível de água minimamente constante, isto é, mais regularizado, não ocorrendo caudais de ponta muito elevados dentro da vala de oxidação, a introdução de um tanque de retenção pode ser uma solução viável. Acrescentando o benefício que pode trazer sempre que o sistema não tenha a capacidade para suportar “pontas de caudais”, ou para o caso de ser necessário por a ETAR fora de serviço, para a realização de ações de manutenção.

Como anteriormente mencionado no subcapítulo 4.2.2. maior parte do afluente bruto é bombado diretamente para a vala de oxidação. Considerando a localização da ETAR, a opção mais viável para o local de implementação do tanque de retenção possivelmente seria junto da estação elevatória mais próxima da ETAR. O caudal afluente à ETAR chega por meio de bombagem à mesma e tendo em conta o caudal afluente bombado e devido à potência das bombas instaladas, assim como o modo de programação das mesmas, i.e, arrancarem as duas em simultâneos, existem épocas do ano em que estas bombas estão em funcionamento permanente, referindo que a bomba de reserva se encontra em armazém disponível para uma substituição de emergência. Na

Tabela 6.4 visualiza-se o dimensionamento da capacidade atual do poço de bombagem da estação elevatória do cemitério.

Tabela 6.4 - Dimensionamento da Estação Elevatória do Cemitério (Fonte: Projeto base)

Parâmetro	Unidades	Valor
Nº de arranques por hora	-	2
Volume útil do poço de Bombagem	m <sup>3</sup>	2,83

<b>Tempo de retenção para o Qmd</b>	minutos	30
-------------------------------------	---------	----

Sugerindo como próximo passo, o dimensionamento do tanque de retenção atendendo ao colmatar de ocorrências de emergência, ou seja, um tempo de retenção superior ao tempo de retenção do tanque implantado, prevê-se um descarregador de superfície que encaminhará a água residual bruta diretamente para o curso de água mais próximo, evitando o galgamento do tanque de retenção.

## 6.2.2 Identificação de soluções alternativas no interior da ETAR de Tornada

### 6.2.2.1 Tratamento Preliminar

#### 6.2.2.1.1 Construção de uma obra de entrada e controlo do caudal afluente

O tratamento preliminar inclui as operações de gradagem e desarenação/desengorduramento, que visam a remoção de gradados bem como de sólidos grosseiros, areias e gorduras, que podem colocar em risco a eficiência do tratamento ou mesmo danificar equipamentos conduzindo a que a obra de entrada seja uma das fases mais importantes para o bom funcionamento de um ETAR.

Atualmente na ETAR de Tornada não existe nenhum tratamento preliminar. Consequentemente, todos os resíduos afluentes à ETAR de pequenas dimensões passam por esta com uma redução da sua quantidade, sendo apenas removidos na caixa de saída da vala de oxidação e uma pequena percentagem no decantador secundário, podendo chegar a cerca de 50% dos gradados que chegam à mesma.

Atendendo ao facto que, o caudal médio diário afluente à ETAR de Tornada excede cerca de 86% do caudal médio diário de dimensionamento (269 m<sup>3</sup>/dia), comprova-se a existência de caudais de infiltração na rede de drenagem que alimenta a ETAR. A Instalação de uma válvula mural a montante das grades mecânicas, bem como instalação e monitorização de válvula de regularização do caudal a montante do desarenamento/ desengorduramento permitirá uma maior estabilidade do sistema de tratamento a jusante da obra de entrada.

A construção de uma obra de entrada é um requisito essencial, uma vez que, a recolha de resíduos apenas é feita com um ancinho na caixa de saída do efluente na vala de oxidação e no decantador secundário aquando a limpeza diária do mesmo, proporcionando o desgaste dos equipamentos hidráulicos com mais facilidade e provocando a descarga de um efluente com resíduos no meio ambiente.

A remoção de areia, óleos e gorduras pode ser realizada através de desarenador/desengordurador de planta retangular equipado com ponte raspadora do tipo vai-vem de fundo, para a remoção de areias, e de superfície, que inclui um sistema de insuflação de ar para promover a flutuação dos óleos e gorduras.

Para complementar o tratamento preliminar é necessário a colocação de um classificador de areias bem como um concentrador de gorduras, para a acumulação das gorduras provenientes do desengordurador, como demonstrado na Figura 6.6 e Figura 6.7.



Figura 6.6 - Classificador de areias (Fonte: Sensorial, 2017)



Figura 6.7 - Concentrador de gorduras (Fonte: Estruagua, 2015)

#### 6.2.2.2 Tratamento Biológico

Uma das recomendações mais pertinentes é a alteração dos órgãos e equipamentos do sistema de tratamento biológico existente na ETAR, permanecendo o tratamento em arejamento prolongado.

As alternativas sugeridas devem ter em consideração o que se afigura mais vantajoso, tendo em conta a população a servir no horizonte de projeto, as condições de afluência e o quadro normativo aplicável à descarga das águas residuais da ETAR, apresentado as seguintes vantagens em relação ao esquema atual da ETAR:

- Maior flexibilidade de operação da ETAR para fazer face a variações de afluência de caudal devido ao regime de funcionamento em baixa carga e à existência de mais uma linha de tratamento em paralelo (a criação de uma linha em paralelo aumenta a segurança da solução dado que minimiza os impactes negativos no caso de necessidade de manutenção numa das estruturas ou falha de um dos equipamentos).
- Efeito de redução das taxas de recursos hídricos, componente u e s, referentes aos componentes presentes no efluente final tratado, respetivamente azoto e fósforo totais.
- Simplicidade de operação do esquema de tratamento proposto.

A alternativa 1 consiste na criação de uma linha de tratamento completamente nova no local da linha de tratamento atual, com o propósito de melhorar a eficiência do tratamento secundário, sugerindo duas opções, designadamente, a implementação de um tanque de arejamento ou a construção de uma nova vala de oxidação, seccionada em zona anóxica, anaeróbia e aeróbia.

A alternativa 2 consiste numa requalificação da linha existente e a criação de uma linha de tratamento em paralelo, designadamente a alternativa 1.

Para ambas as alternativas é possível ter dois tipos de dimensionamento, considerando a população equivalente com o desvio de caudal para a ETAR de Caldas da Rainha, ou considerando os dados de base inicial sem ocorrer nenhuma alteração da rede de drenagem de águas residuais afluentes à ETAR.

#### 6.2.2.2.1 Adição de Produtos químicos no tratamento de águas residuais

Atualmente em ocasiões esporádicas ocorre a colocação de polieletrólito para condicionamento químico das gorduras presentes na vala de oxidação, como mencionado no capítulo 5.

A decantação secundária assistida por via química no sistema de tratamento pode trazer benefícios durante as condições de tempo seco. Os reagentes, mais utilizados, com o intuito de remover concentrações elevadas de fósforo pela precipitação de fosfatos são o cloreto férrico, sulfato de alumínio, sulfato ferroso, entre outros, geralmente por decantação (Santos *et al.*, 2016).

Os locais mais indicados para a introdução dos reagentes são na caleira de saída vala de oxidação levando a que o precipitado de fósforo decante no decantador secundário e removido aquando a extração de lamas secundárias, aproveitando a turbulência do escoamento para a mistura, i.e. co-precipitação, ou na pós-precipitação, a qual a adição é realizada depois do tratamento secundário, sendo o precipitado removido por sedimentação ou filtração (Santos *et al.*, 2016).

### 6.2.2.3 Tratamento de Lamas

#### 6.2.2.3.1 Aumento do número de Leitos de Secagem

Com o intuito de melhorar a gestão de desidratação e armazenamento de lamas produzidas na ETAR, a implementação de um ou mais leitos de secagem permite um aumento da folga, gerindo as condições no decantador secundário, bem como a eficiência de recirculação. Tornando a gestão dos leitos de secagem mais simplificada, uma vez que a ETAR não tem um operador a tempo inteiro.

Outro aspeto relevante e a ter em conta para o bom funcionamento da ETAR de Tornada é o controlo e monitorização da mesma automática e remotamente. Tendo como ponto de vista a influência do operador em casos de emergência e apenas quando é necessário retirar lamas dos leitos de secagem para serem encaminhadas para a ETAR de Tornada.

#### 6.2.2.3.2 Colocação uma unidade móvel de desidratação de lamas

Considerando as intenções de incrementar a linha da fase sólida na ETAR de Tornada, uma proposta relativa ao tratamento das lamas secundárias é através do aluguer ou aquisição de uma linha móvel de desidratação de lamas e de um transportador sem fim, como visualizado na Figura 6.8 que consiste num contentor compacto e inclui diversos equipamentos, como centrífugas, bombas, painéis elétricos, que recebe as lamas secundárias. De modo a que, a unidade móvel tem a uma capacidade de 1 até 160m<sup>3</sup>/h e com separação 2 ou 3 fases de tratamento sendo composta por:

- Centrífuga Decanter em Aço inox super Duplex
- +3.000G.
- Triturador de sólidos.
- Bomba alimentação de lama.
- Bomba de clarificado.
- Medidores de vazão.
- Transportador de torta.
- Preparador de polieletrólito em pó.
- Transformador 220V – 380V – 440V.
- Painel elétrico.
- Laboratório de análise físico-químico
- Acionamento independente da rosca interna transportadora de sólidos por acionamento hidráulico automático.



Figura 6.8 - Unidade de tratamento de lamas provenientes da fase líquida (Fonte: “Portal Tratamento de Água,” 2018)

#### 6.2.2.4 Registos de parâmetros na ETAR com mais frequência/ Controlo analítico complementar

Devido à falta de informação sobre os parâmetros de análise da qualidade da água, na vala de oxidação e com o intuito de aumentar o controlo de operação, o controlo analítico complementar é recomendado de forma a gerenciar positivamente a eficiência do tratamento secundário.

O registo continuo do caudal a afluente e efluente à ETAR, de certo modo também proporciona o controlo quantitativo das afluições a mesma. Estes podem ser registados através da instalação de um caudalímetro a montante do sistema de tratamento e com o auxílio do caudalímetro já existente a jusante do sistema de tratamento.

Segundo a APA, os SMAS de Caldas da Rainha têm de reportar mensalmente o registo de qualidade do afluente, para dados estatísticos e de controlo da operação. O aumento da ocorrência da avaliação e controlo por parte da entidade gestora iria ajudar a controlar de forma mais eficaz o sistema de tratamento, do ponto de vista a torná-lo mais eficiente.

#### 6.2.2.5 Reutilização de parte do efluente da ETAR

Parte do efluente final tratado pode ser reutilizado na ETAR. Os fins de serviços dentro das instalações da ETAR, como por exemplo, lavagem de pavimentos, lavagem dos leitos de secagem, lavagem de rodados e rega de espaços verdes.

De acordo com a legislação em vigor, Decreto-Lei nº236 de 1 de agosto de 1998, o uso de água na rega obriga a respeitar os seguintes limites microbiológicos:

- Coliformes Fecais:  $\leq 100\text{NMP}/100\text{ ml}$
- Ovos de parasitas entéricos:  $\leq 1\text{ovo}/\text{l}$



No que diz respeito à remoção de microrganismos, os valores obtidos no efluente cumprem geralmente os critérios de qualidade após o tratamento terciário de desinfecção por radiação ultravioleta e a adição de cloro.

#### 6.2.2.6 Painéis fotovoltaicos

Tendo em conta a instalação de painéis fotovoltaicos é recomendado o estudo da viabilidade da utilização de energias renováveis como fonte de energia com o objetivo de reduzir os consumos energéticos, considerando a ampliação da ETAR, referido no subcapítulo 6.2.2.2, bem como permanecendo com o sistema atual de tratamento de lamas ativadas em baixa carga (arejamento prolongado).

O consumo de energia referente à estação de tratamento de águas residuais de Tornada corresponde a 20 000 kw de valor médio mensal. Levando a que a utilização de painéis fotovoltaicos, seja do ponto de vista económico e ambiental, uma solução viável face aos requisitos energéticos impostos pelo tratamento secundário implantado.

O local para a instalação dos painéis fotovoltaicos, devido às dimensões do recinto, consiste no terreno junto a um dos limites do recinto da ETAR, assim sendo necessário a aquisição do mesmo.

A instalação de painéis fotovoltaicos, destinados ao autoconsumo da ETAR, traduz-se não só numa poupança nos consumos de energia, mas também por benefícios para o ambiente, na figura seguinte apresentam-se alguns exemplos de instalações de painéis fotovoltaicos recomendadas, caracterizados por uma instalação sobre estruturas metálicas (dotadas de pintura anticorrosiva), as quais são fixas em maciços de betão armado ou assentes em estruturas de betão armado pré-fabricadas, como o peso e inclinação adequada.



Figura 6.9 - Exemplos de instalação de painéis fotovoltaicos (Fonte: Energia, 2017; Flandoli, 2018)





### 6.3 Recomendações de manutenção

Para o bom funcionamento de uma estação de tratamento de águas residuais é relevante uma boa gestão de manutenção e controlo da mesma, de forma a influenciar positivamente o empenho dos operadores da ETAR. Pequenas atividades de manutenção podem tornar-se num exemplo de manutenção, tais como, limpeza dos arruamentos dentro do recinto da ETAR, sendo que após a recolha de lamas com o auxílio da cisterna esporadicamente ocorre o derrame de lamas para o chão, exigindo uma higiene dos arruamentos por parte dos operadores. Outro exemplo, é nomeadamente a limpeza dos equipamentos e órgãos da estação de tratamento.

A presença de operador durante um turno na ETAR tornaria mais prática a execução de trabalhos manutenção, com o intuito de alterar o aspeto visual, através da remoção de ervas e pintura dos equipamentos e órgão.

A restauração dos denominados leitos de secagem é uma recomendação que devia ser realizada, tendo como ponto de vista a alteração e reconstrução do método de passagem e interrupção das lamas secundárias para os leitos de secagem bem como a passagem do clarificado dos leitos de secagem, através do trop-plein, deveria ser requalificada, recomendando um método mais sofisticado.

O tratamento de fissuras é recomendado de forma a recuperar as armaduras com corrosão à vista e arranjando as comportas dos leitos de secagem.

Apesar da existência de um by-pass à vala de oxidação, isto é o afluente é à mesma bombado para a caixa de entrada da vala de oxidação e sofre parcialmente o tratamento secundário, não existe mais nenhum sistema de desvio de caudal na ETAR de Tornada, uma vez que, maior parte do caudal afluente à mesma é proveniente de uma estação elevatória, sendo que pode ser logo desviado neste ponto de acumulação de caudal quando necessário. Contudo, recomenda-se a verificação do estado do sistema de by-pass existente, uma vez que este pode ser utilizado, quando o afluente está com valores de qualidade inferiores aos valores de limite de descarga, permitindo a descarga direta no emissário. Esta situação pode ocorrer aquando a manutenção do decantador secundário.



## 7 Conclusão

Após o estudo da região de Caldas da Rainha e da ETAR de Tornada em especial, deduz-se que no concelho de Caldas da Rainha ainda existe a necessidade de elaborar um longo percurso de trabalho, no ponto de vista de requalificação de estações de tratamento de águas residuais, bem como do seu sistema de transporte, sendo que a ETAR de Tornada é um exemplar de tal situação.

Nesta dissertação foram evidenciados problemas e recomendadas soluções para que a ETAR de Tornada possa vir a funcionar em conformidade como espektado numa ETAR recente, sendo que as recomendações podem e devem ser mantidas em consideração para as restantes estações de tratamento da região.



## 8 Referências Bibliográficas

AKAN, J. C. *et al.* - Physicochemical Determination of Pollutants in Wastewater and Vegetable Samples along the Jakara Wastewater Channel in Kano Metropolis, Kano State, Nigeria. **European Journal of Scientific Research**. . ISSN 1450216X. 23:1 (2008) 122–133.

ALMEIDA, Solange S.; MONTEIRO, Paulo S. - **Incidência de Caudais de Águas Pluviais em Redes de Drenagem de Águas Residuais - Dois casos de estudo em Municípios do Norte de Portugal** [Em linha]. Lisboa : [s.n.] Disponível em WWW:<URL: <http://www.aprh.pt/congressoagua2004/PDF/37.PDF>>.

ALVES, David *et al.* - **Relatório Anual dos Serviços de Águas em Portugal (2017) Volume 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos** [Em linha] Disponível em WWW:<URL: <http://www.ersar.pt/pt/site-publicacoes/Paginas/edicoes-anuais-do-RASARP.aspx>>.

AMORIM, Helder; VALENTE-NEVES, Mário; SALDANHA MATOS, José - Afluências indevidas aos sistemas de drenagem de água residuais. 1 (2007) 978–989.

APA - **Plano de Gestão de Região Hidrográfica - Parte 2 - Caracterização e Diagnóstico**

ARAÚJO, Maria Assunção - O Relevo de Portugal. **Finisterra**. XLI(82):2004 (2006) 139–149.

Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto de 1998. **Diário Da República** [Em linha] (98- 3676–3722. Disponível em WWW:<URL: <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/1998/08/176A00/36763722.pdf>>.

BAPTISTA, J. M. *et al.* - Programa Nacional para o Uso Eficiente da água. **Lisboa: Instituto Superior de Agronomia**. 2012) 201.

BARBU, Marian *et al.* - On the evaluation of the global impact of control strategies applied to wastewater treatment plants. **Journal of Cleaner Production**. . ISSN 09596526. 149:1 (2017) 396–405. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.018.

BELHADJ, N.; JOANNIS, C.; RAIMBAULT, G. - Modelling of rainfall induced infiltration into separate sewerage. **Water Science and Technology**. . ISSN 0273-1223. 32:1 (1995) 161–168. doi: 10.1016/0273-1223(95)00551-W.

BOHDZIEWICZ, Jolanta; SROKA, Ewa - Application of hybrid systems to the treatment of meat industry wastewater. **Desalination**. . ISSN 00119164. 198:1–3 (2006) 33–40. doi: 10.1016/j.desal.2006.09.006.

BURIAN, Steven J. *et al.* - Urban Wastewater Management in the United States: Past, Present, and Future. **Journal of Urban Technology**. . ISSN 10630732. 7:3 (2000) 33–62. doi: 10.1080/713684134.

CAREY, Richard O.; MIGLIACCIO, Kati W. - Contribution of wastewater treatment plant effluents to nutrient dynamics in aquatic systems. **Environmental Management**. . ISSN 0364152X. 44:2 (2009) 205–217. doi: 10.1007/s00267-009-9309-5.

CONCELHO DE ADMINISTRAÇÃO DOS SMAS DE CALDAS DA RAINHA - **Relatório & Contas**. Caldas da Rainha : [s.n.]

CORREIA, Maria Dos Santos Boaventura Candeias - **Estudos/5 Segurança e Saúde no Trabalho - Sistemas Públicos de Saneamento de Águas Residuais Urbanas**. 1º ed. Lisboa : [s.n.]. ISBN 972-8321-50-3.

COSSU, R. *et al.* - Further steps in the standardization of BOD5/COD ratio as a biological stability index for MSW. **Waste Management**. . ISSN 18792456. 68:2017) 16–23. doi: 10.1016/j.wasman.2017.06.035.

Decreto-Lei nº 220/2008, de 12 de novembro. **Diário da República**. 1.ª série — N.º 220 (08-7903–7922).

Decreto-Lei n.º 379/93, de 5 de novembro. [Em linha] (93- 6214–6218. Disponível em

WWW:<URL:https://dre.pt/pesquisa/-/search/665155/details/maximized>.

ENERGIA, Solstício - **Portal Solstício Energia** [Em linha], atual. 2017. [Consult. 14 out. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://www.solsticioenergia.com/2017/05/30/armazenamento-de-energia-solar/>.

ERSAR - Relatório de Monitorização do PENSAAR 2020. 2017).

ESTRUAGUA - **Concentrative skimmer - SCUMPRO-O ®** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 14 out. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://www.estruagua.com/en/skimmers/concentrative-skimmer-in-concrete-scumpro-o-r.html>.

FAN, Long *et al.* - PDA experiments and CFD simulation of a lab-scale oxidation ditch with surface aerators. **Chemical Engineering Research and Design**. . ISSN 02638762. 88:1 (2010) 23–33. doi: 10.1016/j.cherd.2009.07.013.

FARRÉ, Maria José *et al.* - Biodegradability of treated aqueous solutions of biorecalcitrant pesticides by means of photocatalytic ozonation. **Desalination**. . ISSN 00119164. 211:1–3 (2007) 22–33. doi: 10.1016/j.desal.2006.02.082.

FAYOLLE, Yannick *et al.* - Oxygen transfer prediction in aeration tanks using CFD. **Chemical Engineering Science**. . ISSN 00092509. 62:24 (2007) 7163–7171. doi: 10.1016/j.ces.2007.08.082.

FLANDOLI, Fabio - **Conceitos, Tipos de estruturas e fixação** [Em linha], atual. 2018. [Consult. 14 out. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/7-estruturas-para-fixacao-para-sistemas-fotovoltaicos/estruturas-de-fixacao-para-sistemas-fotovoltaicos/>.

FRADE, José Veiga *et al.* - **PENSAAR 2020 V.3 - Figuras**

FRADE, José Veiga *et al.* - PENSAAR 2020. Em **V. 1 Fase 1: Situação de Referência** [Em linha] Disponível em WWW:<URL:https://www.apambiente.pt/\_zdata/Políticas/Agua/PlaneamentoGestao/PENSAAR2020/PENSAAR2020\_Relatorio\_Vol1.pdf>.v. Volume. 1.

GAT - ENGENHARIA E PROJETOS - Memória Descritiva Justificativa, 1988.

GUEYE, Amadou *et al.* - Novel plant species for faecal sludge drying beds: Survival, biomass response and forage quality. **Ecological Engineering**. . ISSN 09258574. 94:2016) 617–621. doi: 10.1016/j.ecoleng.2016.05.027.

INE - **Censos 2011 Resultados Definitivos** - [Em linha] [Consult. 24 abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://mapas.ine.pt/map.phtml>.

Instituto Nacional de Estatística, **Censos 2011** - [Em linha] [Consult. 24 abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos\_quadros>.

KAMIKA, Ilunga *et al.* - The impact of microbial ecology and chemical profile on the enhanced biological phosphorus removal (EBPR) process: A case study of northern wastewater treatment works, Johannesburg. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. . ISSN 16604601. 11:3 (2014) 2876–2898. doi: 10.3390/ijerph110302876.

KENGNE, I. M. *et al.* - Vertical-flow constructed wetlands as sustainable sanitation approach for faecal sludge dewatering in developing countries. **Desalination**. . ISSN 00119164. 248:1–3 (2009) 291–297. doi: 10.1016/j.desal.2008.05.068.

KONÉ, Doulaye; COFIE, Olufunke O.; NELSON, Kara - Low-Cost Options for Pathogen Reduction and Nutrient Recovery from Faecal Sludge. Em INSTITUTE, INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT (Ed.) - [Em linha]. [S.l.] : IWMI Books, Reports H042609, 2010 Disponível em WWW:<URL:https://ideas.repec.org/p/iwt/bosers/h042609.html>.

LOUREIRO, REGINAL VELLO - **Higiene e Segurança em Estações de Tratamento de Esgoto**

MARECOS, Helena; ALBURQUERQUE, António - **Reutilização de Águas Residuais**. Entidade R ed. ISBN 9789898360014.

MARQUES, Rui Cunha - A regulação dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais – Uma perspectiva internacional. Em **A regulação dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais – Uma perspectiva internacional** [Em linha]. Entidade R ed. Lisboa : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://www.ersar.pt/publicacoes/estudos-ersar>. ISBN 9789898360076

MAZEIKIENE, Ausra; VAISKUNAITE, Rasa - Analysis and Assessment of Biological Treatment Processes in a Small-Scale Wastewater Treatment Plant. **Polish Journal of Environmental Studies**. . ISSN 1230-1485. 27:4 (2018) 1629–1637. doi: 10.15244/pjoes/77955.

METCALF AND EDDY - **Metcalfe\_and\_Eddy\_Wastewater\_Engineering.pdf**. 3rd ed ed. New York : [s.n.]. ISBN 0-07-462247-1.

Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto. **Diário da República - 1 Série-B** (95- 5284–5319).

Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho de 1997. **Diário da República - 1 Série-A** [Em linha] (97-2959–2967. Disponível em WWW:<URL:https://dre.pt/application/file/a/365412>.

Decreto-Lei N.º 226-A. **Decreto-Lei N.º 226-A** (07- 24–49).

Decreto-Lei n.º 97/2008. (08-

MORAN, Dominic; DANN, Sabrina - The economic value of water use: Implications for implementing the Water Framework Directive in Scotland. 87:2008) 484–496. doi: 10.1016/j.jenvman.2007.01.043.

MORRISON, G. *et al.* - Assessment of the impact of point source pollution from the Keiskammahoek Sewage Treatment Plant on the Keiskamma River - pH, electrical conductivity, oxygen-demanding substance (COD) and nutrients. **Water SA**. . ISSN 03784738. 27:4 (2001) 475–480. doi: 10.4314/wsa.v27i4.4960.

PAINTER, H. A.; LOVELESS, J. E. - Effect of temperature and pH value on the growth-rate constants of nitrifying bacteria in the activated-sludge process. 17:3 (1983) 237–248.

Directiva 91/271/Cee. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias** (91- 40–52).

Directiva 2004/35/CE. **Jornal Oficial da União Europeia** [Em linha] (04- 56–75. Disponível em WWW:<URL:http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0035&from=EN>.

**Portal Tratamento de Água** - [Em linha], atual. 2018. [Consult. 17 set. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://www.tratamentodeagua.com.br/servico/skids-para-tratamento-de-lodos-lamas/>.

QUEVAUVILLER, Philippe; THOMAS, Olivier; BEKEN, André Van Der (EDS.) - **Wastewater Quality Monitoring and Treatment**. England : John Wiley & Sons, Ltd, 2006. ISBN 978-0-471-49929-9.

RAINHA, SMAS De Caldas Da - **Serviços Municipalizados** [Em linha] [Consult. 9 jul. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://www.cm-caldas-rainha.pt/webcenter/portal/oracle/webcenter/page/scopedMD/s3cb489dd\_3d2a\_4d93\_b095\_c496cec0b515/Page5.aspx?wc.contextURL=%2Fspaces%2Fmcr&\_adf.ctrl-state=8hurudbkv\_54&\_afLoop=2421179905004404#!>.

ROSMANINHO, Isabel *et al.* - **Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais** [Em linha]. APA ed. Disponível em WWW:<URL:https://www.apambiente.pt/\_zdata/Divulgacao/Publicacoes/Guias e Manuais/guia\_ETAR\_final.pdf>. ISBN 987-972-8577-39-1.

SALGOT, Miquel; FOLCH, Montserrat - Wastewater treatment and water reuse. **Current Opinion in Environmental Science & Health**. . ISSN 2468-5844. 2:2018) 64–74. doi: 10.1016/j.coesh.2018.03.005.

SAMIE, A. *et al.* - Focus on 14 sewage treatment plants in the Mpumalanga Province, South Africa in order to gauge the efficiency of wastewater treatment. **African Journal of**

**Biotechnology**. . ISSN 16845315. 8:14 (2009) 3276–3285. doi: 1684{\textendash}5315.

SANTOS, Maria Teresa *et al.* - **Tratamento de águas residuais - Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico**. ERSAR ed. ISBN 9789898360328.

SARRIA, Victor *et al.* - Recent developments in the coupling of photoassisted and aerobic biological processes for the treatment of biorecalcitrant compounds. **Catalysis Today**. . ISSN 09205861. 76:2–4 (2002) 301–315. doi: 10.1016/S0920-5861(02)00228-6.

SCHULTZ, Thomas E. *et al.* - **Biological wastewater treatment** [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0647/98037263-d.html>. ISBN 0824789199.

SENSORIAL - **Classificadores de Areia ECODEPUR®** [Em linha], atual. 2017. [Consult. 14 out. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://www.ecodepur.pt/pt/260/classificador-de-areias>.

SERRA, Pedro *et al.* - **PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais**. ISBN 9789898097002.

SINGH, Shubhra *et al.* - Technology options for faecal sludge management in developing countries: Benefits and revenue from reuse. **Environmental Technology and Innovation**. . ISSN 23521864. 7:2017) 203–218. doi: 10.1016/j.eti.2017.02.004.

SMAS - **Ficha de avaliação da qualidade do serviço**. Caldas da Rainha : [s.n.]

SOMLYÓDY, László; VARIS, Olli - Freshwater under Pressure. **International Review for Environmental Strategies**. . ISSN 13457594. 6:2 (2006) 181–204.

TARR, Joel A. *et al.* - Water and Wastes: A Retrospective Assessment of Wastewater Technology in the United States, 1800-1932. **Technology and Culture**. . ISSN 0040165X. 25:2 (1984) 226. doi: 10.2307/3104713.

TEKLEHAIMANOT, G. Z. *et al.* - Seasonal variation of nutrient loads in treated wastewater effluents and receiving water bodies in Sedibeng and Soshanguve, South Africa. **Environmental Monitoring and Assessment**. . ISSN 0167-6369. 187:9 (2015) 595. doi: 10.1007/s10661-015-4795-9.

Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de Junho. **Diário da República** (11- 1–50.

Portaria n.º 762/2002 de 1 de Julho, MINISTÉRIOS DO EQUIPAMENTO SOCIAL, DA SAÚDE E DO TRABALHO E DA SOLIDARIEDADE. . I SÉRIE-B N.º 149 (02- 5123–5130.

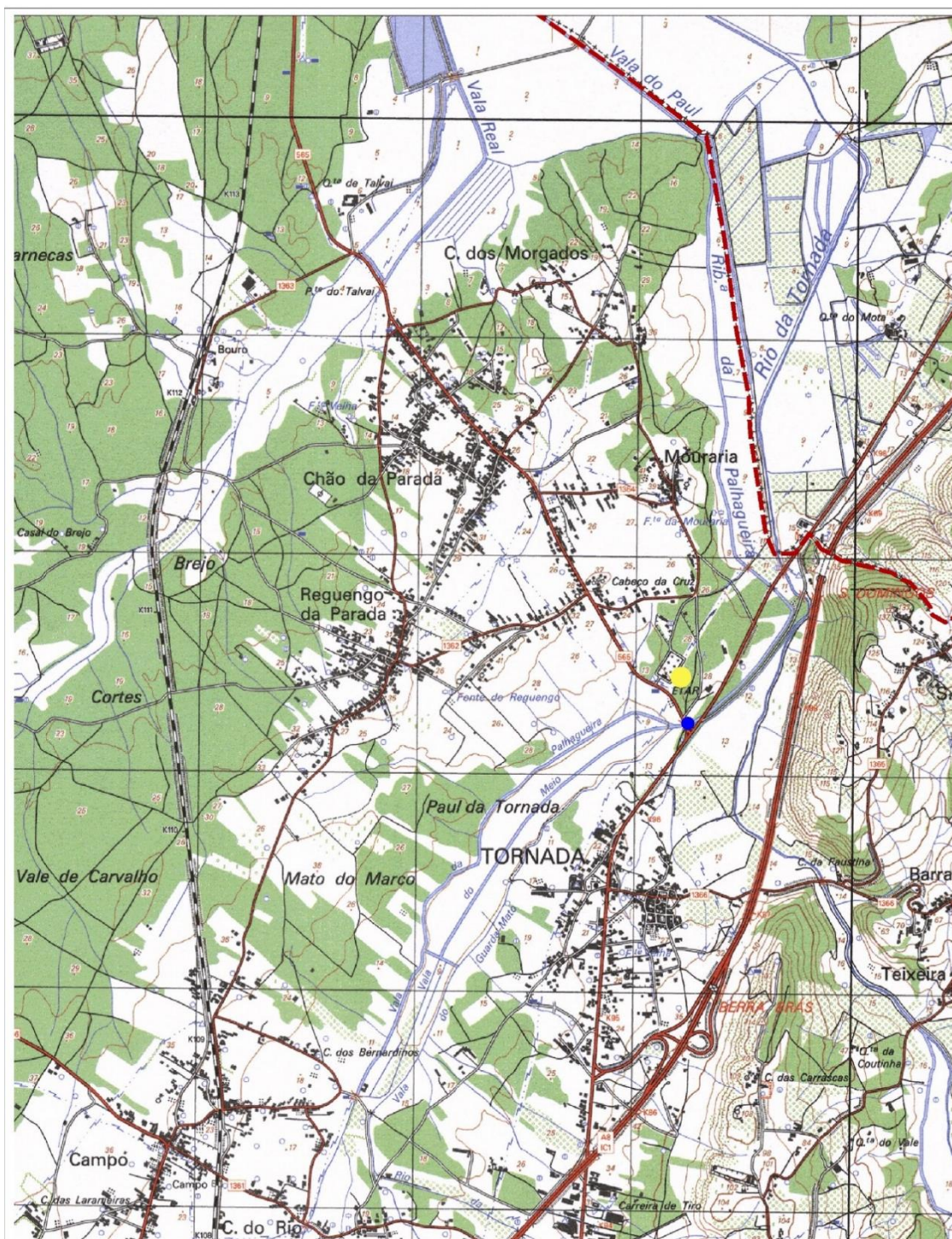
WIELAND, Ulrich - **Water use and waste water treatment in the EU and in Candidate Countries**. [S.l.] : Eurostat, 2003. ISBN 1562-3106.


ZHOU, Yun *et al.* - Science of the Total Environment pH dependent of the waste activated sludge reduction by short-time aerobic digestion ( STAD ) process. **Science of the Total Environment**. . ISSN 0048-9697. 649:2019) 1307–1313. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.411.



## **Anexo A**

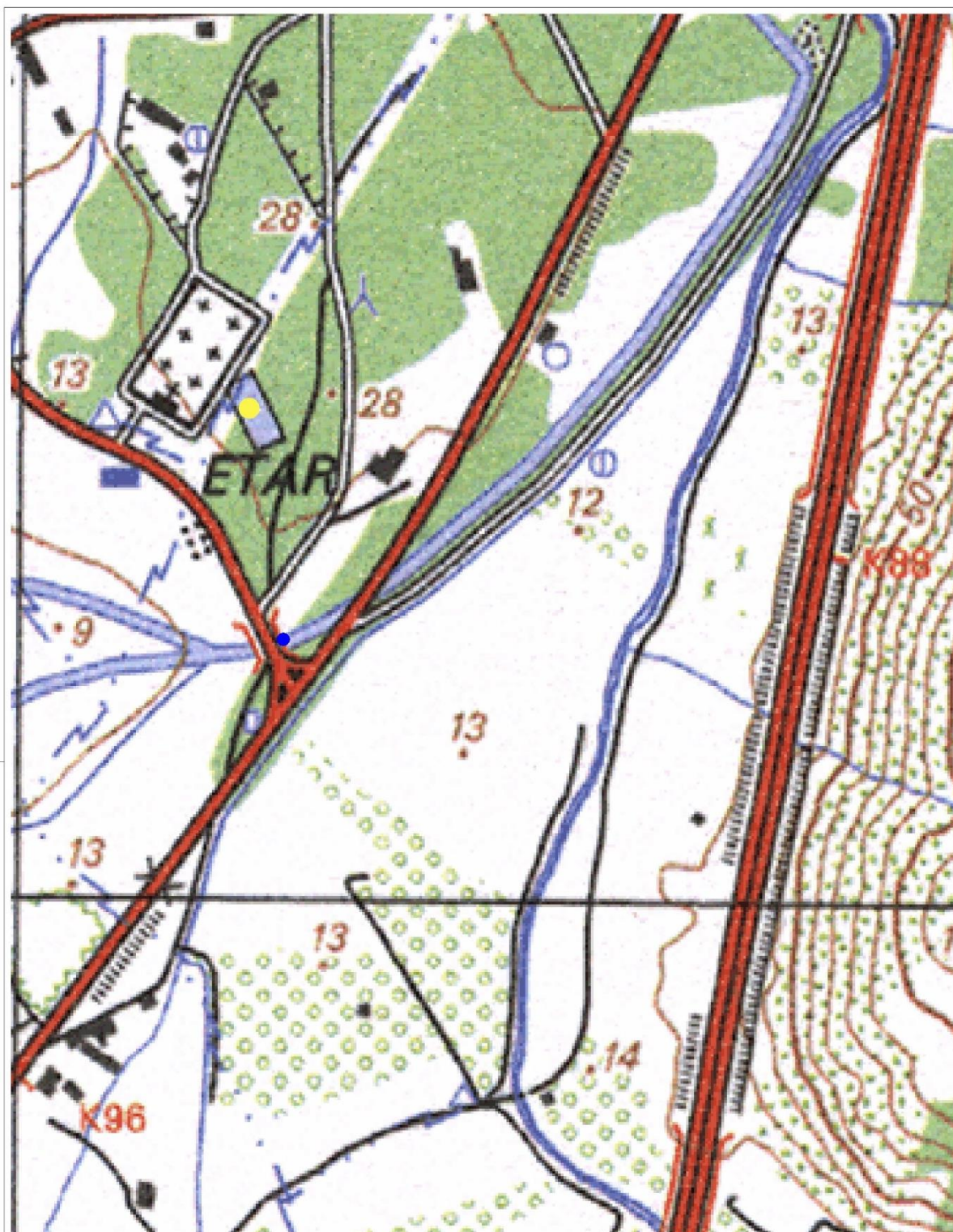




 <p><b>CALDAS DA RAINHA</b> Câmara Municipal</p> <p>GABINETE DE PLANEAMENTO E URBANISMO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA</p>	<p>PROJECTO:</p> <p>Localização da ETAR de Tornada</p>	
	<p>DESIGNAÇÃO:</p> <p>● Ponto de descarga</p> <p>● ETAR de Tornada</p>	
<p>ESCALA:</p> <p>1: 25 000</p> <p>0,0 0,5 km</p>	<p>CARTOGRAFIA:</p> <p>Carta Militar de Portugal   IGP   Ano - 2004   Esc. 1:25 000  Folhas n.º 316, 326, 327, 338, 339, 350, 351</p>	<p>DESENHO N.º:</p> <p><b>01</b></p>
<p>SISTEMA DE REFERÊNCIA Hayford-Gauss, Datum 73</p>	<p>NOTAS:</p>	<p>DATA: 27/07/2018</p>







 <p><b>CALDAS DA RAINHA</b> Câmara Municipal</p> <p>GABINETE DE PLANEAMENTO E URBANISMO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA</p>		<p>PROJECTO:</p> <p>Localização da ETAR de Tornada</p>	
		<p>DESIGNAÇÃO:</p> <p>● Ponto de descarga</p> <p>● ETAR de Tornada</p>	
<p>ESCALA:</p> <p>1: 5 000</p> <p>0,0 0,5 km</p>	<p>CARTOGRAFIA:</p> <p>Carta Militar de Portugal   IGP   Ano - 2004   Esc. 1:25 000   Folhas n.º 316, 326, 327, 338, 339, 350, 351</p>	<p>DESENHO N.º:</p> <p><b>02</b></p>	<p>DATA:</p> <p>27/07/2018</p>
<p>SISTEMA DE REFERÊNCIA</p> <p>Hayford-Gauss, Datum 73</p>	<p>NOTAS:</p>		












 <p><b>CALDAS DA RAINHA</b> Câmara Municipal</p> <p>GABINETE DE PLANEAMENTO E URBANISMO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA</p>		<p>PROJECTO:</p> <p>Localização da ETAR de Tornada</p>	
		<p>DESIGNAÇÃO:</p> <p>● Ponto de descarga</p> <p>● ETAR de Tornada</p>	
<p>ESCALA:</p> <p>1: 5 000</p> <p>0,0 0,5 km</p>	<p>CARTOGRAFIA:</p> <p>Cartografia de imagem oficial   IGP   Data do voo: 2010   Resolução espacial 0,50 cm   Sistema de referência - PT TM06/ ETRS 89 - European Terrestrial Reference System 1989</p>	<p>DESENHO N.º:</p> <p>03</p>	
<p>SISTEMA DE REFERÊNCIA</p> <p>Hayford-Gauss, Datum 73</p>	<p>NOTAS:</p>	<p>DATA:</p> <p>27/07/2018</p>	







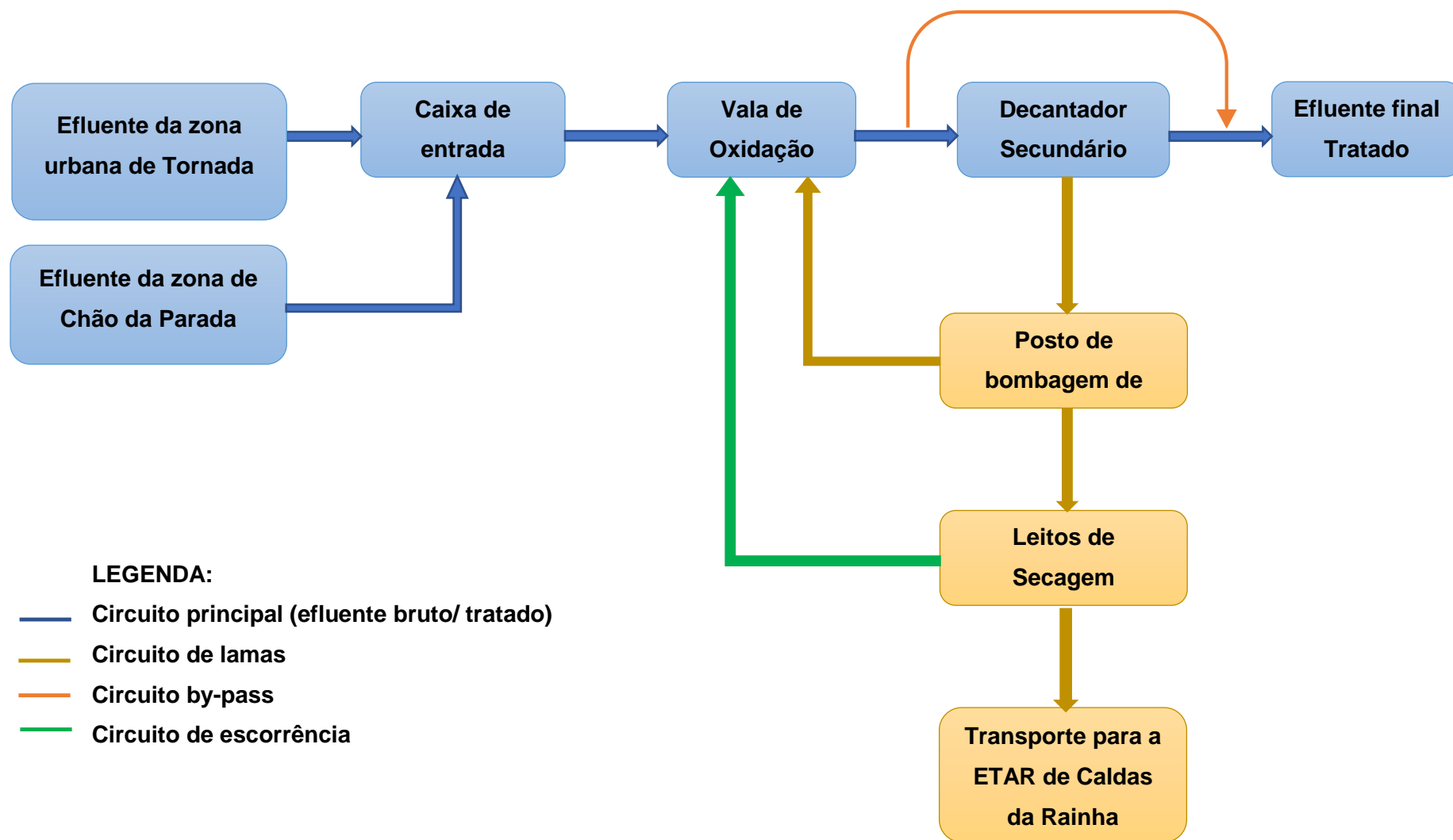
<div><p><b>CALDAS DA RAINHA</b> Câmara Municipal</p><p>GABINETE DE PLANEAMENTO E URBANISMO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA</p></div>		<p>PROJECTO:</p> <p>Localização da ETAR de Tornada</p>	
		<p>DESIGNAÇÃO:</p> <div><div></div><div>Ponto de descarga</div></div> <div><div></div><div>ETAR de Tornada</div></div>	
ESCALA:	<p>1: 2 000</p> <div><div>0,0</div><div>0,5</div><div></div><div>km</div></div>	<p>CARTOGRAFIA:</p> <p>Cartografia de imagem oficial   IGP   Data do voo: 2010   Resolução espacial 0,50 cm   Sistema de referência - PT TM06/ ETRS 89 - European Terrestrial Reference System 1989</p>	<p>DESENHO N.º:</p> <p>04</p>
	<p>SISTEMA DE REFERÊNCIA Hayford-Gauss, Datum 73</p>		<p>NOTAS:</p>



## **Anexo B**

Diagrama de Blocos da ETAR de Tornada









## **Anexo C**

Boletins de análises da ETAR de Tornada



**ETAR de TORNADA - 2012**

PARÂMETROS	LOCAL COLHEITA	1.º Trimestre			2.º Trimestre			3.º Trimestre			4.º Trimestre		
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Agst.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
<b>pH (Escala Sorensen)</b> VLE: 6,0 - 9,0	Afluente	7,4	7,4	7,3	7,3	7,6	7,4	7,4	7,2	7,4	7,2	7,2	7,2
	Efluente	7,5	7,4	7,6	7,1	7,4	7,3	7,4	7,5	7,7	7,4	7,5	7,7
<b>CBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 25	Afluente	49	<10	62	170	55	110	300	91	190	130	200	18
	Efluente	<10	<10	10	20	<10	<10	32	<10	<10	<10	<10	<10
<b>CQO (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 125	Afluente	220	240	70	270	200	280	660	630	570	460	340	140
	Efluente	110	78	120	<20	31	47	230	<20	<20	99	31	30
<b>SST (mg/l)</b> VLE: 35	Afluente	34	100	23	316	74	96	300	310	220	140	150	24
	Efluente	<20	<20	6,5	60	<20	<20	240	<20	<20	28	24	<20
<b>FÓSFORO (mg/l P)</b> VLE: s/VLE	Afluente	2,8	4,8	4,5	6,6	3,4	4,4	-	11	-	8,5	4,4	1,6
	Efluente	1,6	4,1	55	4,6	1,9	4,4	-	4,7	-	<0,5	0,5	1,6
<b>AZOTO TOTAL (mg/l N)</b> VLE: s/VLE	Afluente	29	43	55	57	32	231	-	75	-	72	36	15
	Efluente	23	33	35	30	22	19	-	15	-	30	28	16
<b>ÓLEOS E GORDURAS (mg/l)</b> VLE: 15	Afluente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Efluente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CAUDAL REJEITADO (m3/dia)</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VLE de acordo com a Licença de Descarga de Águas Residuais emitida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4.													
<b>VLE</b> - Valor Limite Emissão													
<b>Nota:</b> De acordo com a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4, os parâmetros Fósforo e Azoto Total não constituem requisitos de descarga, no entanto são analisados trimestralmente e para efeitos de cálculo da taxa de recursos hídricos.													

**ETAR de TORNADA - 2013**

PARÂMETROS	LOCAL COLHEITA	1.º Trimestre			2.º Trimestre			3.º Trimestre			4.º Trimestre		
		22/01/2013	19/02/2013	19/03/2013	16/04/2013	21/06/2013	17/06/2013	30/07/2013	20/08/2013	17/09/213	22/10/2013	19/11/2013	17/12/2013
<b>pH (Escala Sorensen)</b> VLE: 6,0 - 9,0	Afluente	7,3	7,6	7,6	7,7	7,7	7,4	7,3	7,3	72	7,5	7,2	7,3
	Efluente	7,9	7,8	7,6	7,4	7,4	6,6	7,6	7	7,7	7,1	6,7	6,9
<b>CBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 25	Afluente	45	11	30	10	38	110	130	270	150	41	240	110
	Efluente	<10	<10	<10	<10	<10	<10	≥10	<10	51	<10	<10	95
<b>CQO (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 125	Afluente	270	<20	120	<20	56	340	340	410	310	160	670	370
	Efluente	47	<20	48	<20	24	<20	<20	110	51	93	63	160
<b>SST (mg/l)</b> VLE: 35	Afluente	376	20	<20	<20	34	110	230	360	59	230	450	130
	Efluente	<20	<20	<20	<20	<20	26	26	20	29	26	<20	960
<b>FÓSFORO (mg/l P)</b> VLE: s/VLE	Afluente	3,6	-	-	2,7	4,4	4,9	8,3	11,7	8,1	5,1	9,7	7,6
	Efluente	1,2	-	-	3,1	4,1	7,6	5,9	6	9,4	3	5,3	25
<b>AZOTO TOTAL (mg/l N)</b> VLE: s/VLE	Afluente	18	-	-	27	41	42	24	26	21	14	35	47
	Efluente	10	-	-	15	13	44	12	8	7	10	19	57
<b>ÓLEOS E GORDURAS (mg/l)</b> VLE: 15	Afluente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<8	69	9
	Efluente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<8	<8	<8
<b>CAUDAL REJEITADO (m3/dia)</b>		510	432	490	485	458	329	485	505	509	287	405	404

VLE de acordo com a Licença de Descarga de Águas Residuais emitida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4.

**VLE** - Valor Limite Emissão

**Nota:** De acordo com a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4, os parâmetros Fósforo e Azoto Total não constituem requisitos de descarga, no entanto são analisados trimestralmente e para efeitos de cálculo da taxa de recursos hídricos.

**ETAR de TORNADA - 2014**

PARÂMETROS	LOCAL COLHEITA	1.º Trimestre			2.º Trimestre			3.º Trimestre			4.º Trimestre		
		22/01/2014	19/02/2014	19/03/2014	23/04/2014	21/05/2014	18/06/2014	16/09/2014	20/08/2014	17/09/2014	22/10/2014	19/11/2014	17/12/2014
<b>pH (Escala Sorensen)</b> VLE: 6,0 - 9,0	Afluente	7,7	7,5	7,5	7,5	7,5	7,3	7,2	7,3	7,4	7,4	7,1	7,7
	Efluente	7,9	7,8	7,8	7,4	7,8	7,4	6,9	7	6,8	7,3	7,3	7,5
<b>CBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 25	Afluente	19	18	130	61	160	71	25	240	320	180	29	21
	Efluente	<10	<10	<5	50	<5	150	<5	150	<5	<5	<5	<5
<b>CQO (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 125	Afluente	280	<20	340	290	250	300	130	610	532	310	160	47
	Efluente	280	<20	<20	290	100	200	110	290	<20	<20	86	<20
<b>SST (mg/l)</b> VLE: 35	Afluente	160	62	120	68	250	46	68	280	110	150	48	16
	Efluente	<20	<20	8	160	14	1730	24	270	<5	<5	86	12
<b>FÓSFORO (mg/l P)</b> VLE: s/VLE	Afluente	2,8	2,9	5	5,9	5,1	5,4	4,4	8,2	5,5	5,8	3,2	3,5
	Efluente	1,2	1,7	2,7	7,7	2,1	42	4,6	8,3	3,8	3,9	2,7	24
<b>AZOTO TOTAL (mg/l N)</b> VLE: s/VLE	Afluente	16	17	35	174	13	61	41	60	57	52	27	19
	Efluente	10	14	16	22	22	24	29	39	15	<4	22	7
<b>ÓLEOS E GORDURAS (mg/l)</b> VLE: 15	Afluente	<8	10	18	<8	25	32	<8	66	18	<8	<8	<8
	Efluente	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
<b>CAUDAL REJEITADO (m3/dia)</b>		410	463	489	864	-	-	297	231	311	287	401	456

VLE de acordo com a Licença de Descarga de Águas Residuais emitida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4.

**VLE** - Valor Limite Emissão

**Nota:** De acordo com a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4, os parâmetros Fósforo e Azoto Total não constituem requisitos de descarga, no entanto são analisados trimestralmente e para efeitos de cálculo da taxa de recursos hídricos.

**ETAR de TORNADA - 2015**

PARÂMETROS	LOCAL COLHEITA	1.º Trimestre			2.º Trimestre			3.º Trimestre			4.º Trimestre		
		21/01/2015	18/02/2015	18/03/2015	22/04/2015	20/05/2015	17/06/2015	08/07/2015	19/08/2015	16/09/2015	21/10/2015	18/11/2015	16/12/2015
<b>pH (Escala Sorensen)</b> VLE: 6,0 - 9,0	Afluente	8,1	7,5	7,5	7,1	7,5	7,2	7,5	6,9	7	7,5	7,5	7,8
	Efluente	8	7,4	7,3	7,2	6,7	7,3	NR	6,8	7	7,1	8,1	7,8
<b>CBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 25	Afluente	43	150	127	160	74	125	85	76	212	127	136	14
	Efluente	<5	<5	115	<5	89	11	NR	10	119	20	<5	10
<b>CQO (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 125	Afluente	180	380	470	480	340	560	290	190	850	170	600	39
	Efluente	<20	140	570	40	360	<20	NR	<20	350	40	56	95
<b>SST (mg/l)</b> VLE: 35	Afluente	96	150	160	110	124	148	132	24	236	144	224	14
	Efluente	30	54	420	62	316	26	NR	22	180	30	50	18
<b>FÓSFORO (mg/l P)</b> VLE: s/VLE	Afluente	2,3	5,3	5,2	4,6	5,5	8	5,8	7,7	8,4	7,6	8,7	4,3
	Efluente	1,6	2,9	8,4	3,6	9	5,7	14	1,9	6,4	7,2	4,9	3,8
<b>AZOTO TOTAL (mg/l N)</b> VLE: s/VLE	Afluente	17	40	44	29	41	21	28	52	19	69	79	8
	Efluente	13	18	46	49	<4	9	24	34	<4	22	36	26
<b>ÓLEOS E GORDURAS (mg/l)</b> VLE: 15	Afluente	<8	<8	<8	<8	<8	<8	16	20	69	31	12	<8
	Efluente	<8	<8	<8	<8	<8	9	NR	<8	<8	<8	<8	<8
<b>CAUDAL REJEITADO (m3/dia)</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VLE de acordo com a Licença de Descarga de Águas Residuais emitida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4.													
<b>VLE</b> - Valor Limite Emissão													
<b>Nota:</b> De acordo com a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4, os parâmetros Fósforo e Azoto Total não constituem requisitos de descarga, no entanto são analisados trimestralmente e para efeitos de cálculo da taxa de recursos hídricos.													

# **ETAR de TORNADA - 2016**

PARÂMETROS	LOCAL COLHEITA	1.º Trimestre			2.º Trimestre			3.º Trimestre			4.º Trimestre		
		22/01/2016	19/02/2016	24/03/2016	22/04/2016	20/05/2016	24/06/2016	27/07/2016	26/08/2016	23/09/2016	21/10/2015	25/11/2016	30/12/2016
<b>pH (Escala Sorensen)</b> VLE: 6,0 - 9,0	Afluente	5,9	7,3	7,7	7,9	7,3		7,3	7,3	7,3	7,3	7,6	7,2
	Efluente	6,9	7,4	7,9	7,9	7,4	7,3	8	7,9	6,6	6,5	7,2	7
<b>CBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 25	Afluente	14	<5	247	10	63		155	251	141	14	10	169
	Efluente	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>CQO (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 125	Afluente	24	<20	570	180	200		310	300	518	124	64	456
	Efluente	<20	<20	40	<20	64	<20	<20	25	<20	72	<20	24
<b>SST (mg/l)</b> VLE: 35	Afluente	24	32	584	34	140		60	130	256	50	28	280
	Efluente	<5	6	54	<5	27	<8	6	9	18	23	11	6
<b>FÓSFORO (mg/l P)</b> VLE: s/VLE	Afluente	1,5	1,4	5	4	-		10,2	8,6	7,2	4,3	1,9	8,5
	Efluente	1,4	1	3,2	1,7	2,5	3,1	4,3	5,9	4,9	5,7	0,9	3,2
<b>AZOTO TOTAL (mg/l N)</b> VLE: s/VLE	Afluente	16	16	53	40	-		62	76	57	43	10	58
	Efluente	14	12	28	16	12	11	32	47	41	42	10	9
<b>ÓLEOS E GORDURAS (mg/l)</b> VLE: 15	Afluente	<8	12	31	<8	<8		<8	<8	<8	9	<8	<8
	Efluente	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
<b>CAUDAL REJEITADO (m3/dia)</b>		361	416	340	423	418	268	287	243	263	307	355	311

VLE de acordo com a Licença de Descarga de Águas Residuais emitida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4.

**VLE** - Valor Limite Emissão

**Nota:** De acordo com a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4, os parâmetros Fósforo e Azoto Total não constituem requisitos de descarga, no entanto são analisados trimestralmente e para efeitos de cálculo da taxa de recursos hídricos.



### ETAR de TORNADA - 2017

PARÂMETROS	LOCAL COLHEITA	1.º Trimestre			2.º Trimestre			3.º Trimestre			4.º Trimestre		
		06/01/2017	03/02/2017	17/03/2017	07/04/2017	05/05/2017	02/06/2017	07/07/2017	18/08/2017	22/09/2017	20/10/2017	24/11/2017	22/12/2017
<b>pH (Escala Sorensen)</b> VLE: 6,0 - 9,0	Afluente	7,5	7,4	7,5	7,3	7,7	7,4	7,5	7,8	7,4	7,6	7,8	7,8
	Efluente	7,3	7,4	7,6	7,1	7,7	7,9	7,6	7,6	7,3	7,5	7,5	7,6
<b>CBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 25	Afluente	152	59	65	26	64	210	95	54	81	230	14	140
	Efluente	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	13	<5	<5
<b>CQO (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 125	Afluente	340	148	280	300	260	560	210	250	350	550	86	250
	Efluente	24	20	72	30	<20	32	23	<20	<5	40	31	24
<b>SST (mg/l)</b> VLE: 35	Afluente	98	60	120	160	340	410	130	190	230	190	35	92
	Efluente	5	15	9	13	11	14	6	10	<5	8	<4	9
<b>FÓSFORO (mg/l P)</b> VLE: s/VLE	Afluente	4,9	2,2	4,6	4,9	4,2	6,1	3,8	6,4	7,8	5,1	3,8	4,7
	Efluente	1,9	1,1	1,6	1,7	4,7	3,6	0,8	5,1	2	2,9	0,9	2,7
<b>AZOTO TOTAL (mg/l N)</b> VLE: s/VLE	Afluente	5	26	51	32	25	61	86	64	82	47	13	58
	Efluente	<4	<4	23	15	33	46	45	14	15	15	22	35
<b>ÓLEOS E GORDURAS (mg/l)</b> VLE: 15	Afluente	<8	<8	11	26	<8	47	<8	<8	<8	<8	<8	<8
	Efluente	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
<b>CAUDAL REJEITADO (m3/dia)</b>		419	475	522	288	396	308	363	338	429	441	398	526
VLE de acordo com a Licença de Descarga de Águas Residuais emitida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4.													
<b>VLE</b> - Valor Limite Emissão													
<b>Nota:</b> De acordo com a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4, os parâmetros Fósforo e Azoto Total não constituem requisitos de descarga, no entanto são analisados trimestralmente e para efeitos de cálculo da taxa de recursos hídricos.													

### ETAR de TORNADA - 2018

PARÂMETROS	LOCAL COLHEITA	1.º Trimestre						2.º Trimestre					
		05/01/2018	19/01/2018	02/02/2018	16/02/2018	02/03/2018	16/03/2018	06/04/2018	20/04/2018	04/05/2018	18/05/2018	08/06/2018	22/06/2018
<b>pH (Escala Sorensen)</b> VLE: 6,0 - 9,0	Afluente	7,2	7,7	7,4	7,6	7,5	7,4	7,2	7,8	7,8	7,4	7,6	7,7
	Efluente	7,2	7,3	7,3	7,5	7,5	7,4	7,1	7,4	7,5	7,1	7,5	7,2
<b>CBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 25	Afluente	26	23	99	16	74	<5	135	<5	16	11	<5	<5
	Efluente	100	<5	<5	11	250	<5	690	<5	<5	<5	<5	<5
<b>CQO (mg/l O<sub>2</sub>)</b> VLE: 125	Afluente	140	170	200	87	200	96	260	80	100	80	120	24
	Efluente	620	64	40	120	440	32	1200	32	24	24	<20	24
<b>SST (mg/l)</b> VLE: 35	Afluente	110	66	94	44	370	41	140	27	43	38	37	11
	Efluente	400	35	30	11	460	14	1000	<5	10	<5	6	14
<b>FÓSFORO (mg/l P)</b> VLE: s/VLE	Afluente	7,2	3,1	3,9	2,6	0,8	1,6	1,4	3,2	3,2	2,4	0,9	1,2
	Efluente	1,9	2	2,1	2,5	2,4	1,7	5,8	1,3	4,2	2,3	<0,5	1,8
<b>AZOTO TOTAL (mg/l N)</b> VLE: s/VLE	Afluente	33	47	56	34	8	19	11	20	43	16	11	27
	Efluente	66	32	32	31	14	13	69	13	15	19	9	31
<b>ÓLEOS E GORDURAS (mg/l)</b> VLE: 15	Afluente	<8	<8	<8	<8	<8	<8	16	<8	<8	<8	<8	<8
	Efluente	<8	<8	<8	<8	<8	<8	NR	<8	<8	<8	<8	<8
<b>CAUDAL REJEITADO (m3/dia)</b>		-	419	-	475	-	522	-	-	-	-	-	-

VLE de acordo com a Licença de Descarga de Águas Residuais emitida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4.

**VLE** - Valor Limite Emissão

**Nota:** De acordo com a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L0014298.2013.RH4, os parâmetros Fósforo e Azoto Total não constituem requisitos de descarga, no entanto são analisados trimestralmente e para efeitos de cálculo da taxa de recursos hídricos.



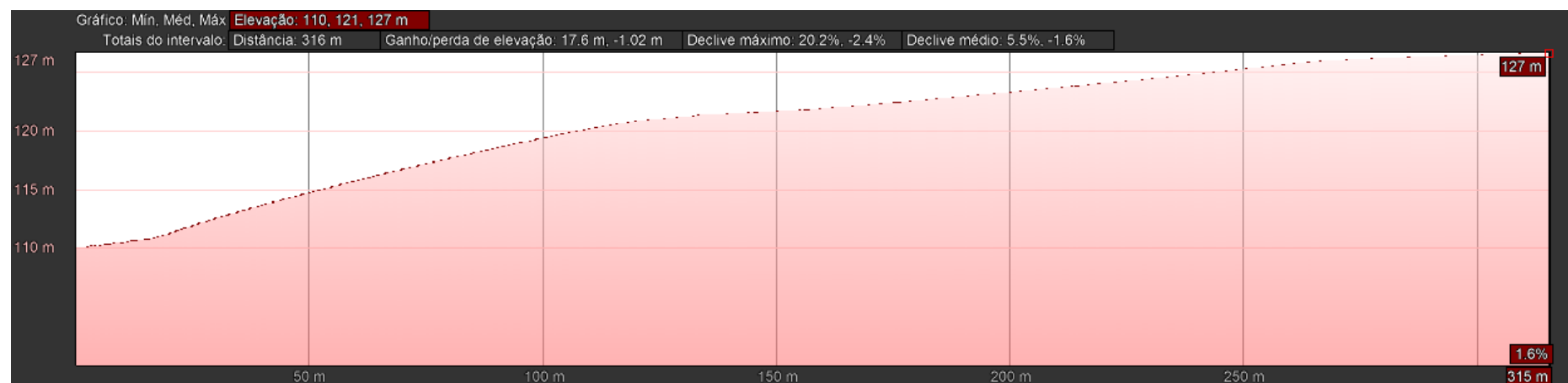
## **Anexo D**



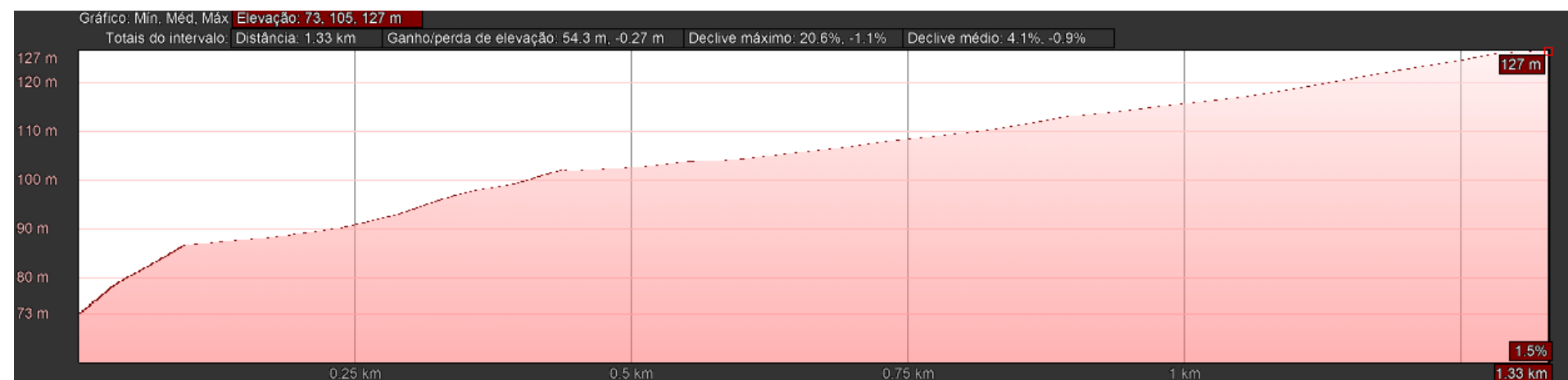
#### ANEXO D.1 – Perfil longitudinal do terreno da hipótese 1.1 e 1.2.



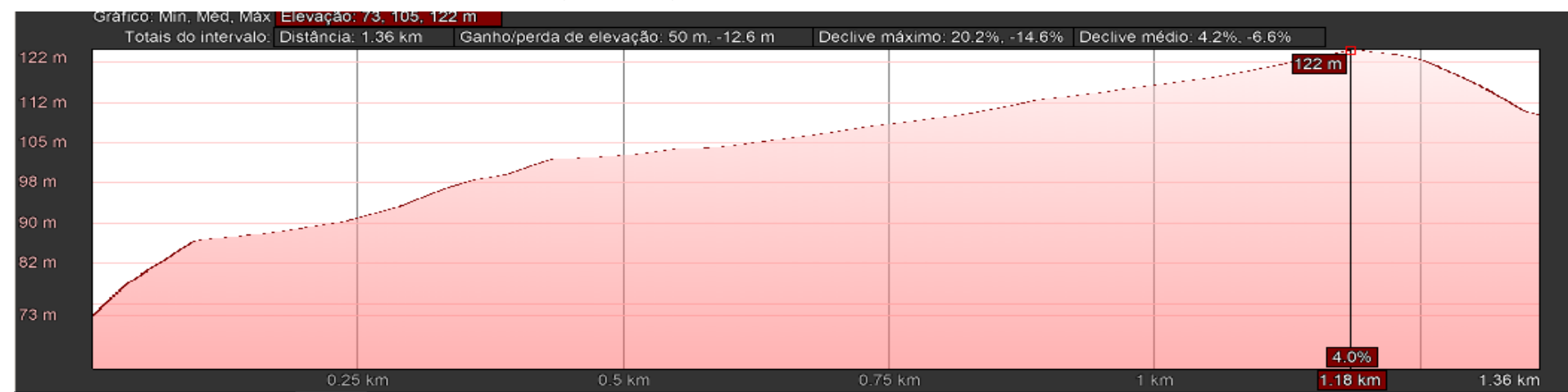
#### ANEXO D.2 – Perfil longitudinal do terreno da hipótese 2 e de um troço das hipóteses 4 e 5.



### ANEXO D.3 – Perfil longitudinal do terreno da hipótese 3.



### ANEXO D.4 – Perfil longitudinal do terreno de um troço da solução 5.



#### ANEXO D.5 –Perfil longitudinal do terreno de um troço da hipótese 5.

